Pflanzenschutz Berichte

Herausgegeben von der

Bundesanstalt für Pflanzenschutz Wien

Schriftleiter:

Dr. FERDINAND BERAN, Wien

VII. Band, 1951, Heft 3/4

INHALT

Otto Böhm: Über die Wirkung von p,p'-Dichlordiphenyltrichloraethan (DDT) auf Insekten unter besonderer Berücksichtigung der Abhängigkeit der Kontaktgiftwirkung vom Bau des Insektenintegumentes

Referate

ENTOMOLOGICAL LABORATORY
15 OCT 1951

Im Selbstverlag der Bundesanstalt für Pflanzenschutz

Wien

Marke ges. gesch.

Pflanzenschutzmittel

Kwizda

Neodrol Gelböl Amtl. Pfl. Reg. Nr. 159
5% ig Warmspritzung
2½% ig Frostspritzung

Arbodrin Universal „Minoce"
7½% ig Warmspritzung Amt. Pfl. Reg. Nr. 142
3–4% ig Frostspritzung

F. JOH. KWIZDA — CHEM. FABRIK
WIEN I., Dr. KARL LUEGERRING 6, FERNRUF U 23-5-90 bis 93

PFLANZENSCHUTZSTELLE UND RINGDROGERIE
WIEN I., Dr. KARL LUEGERRING 6, FERNRUF U 23-5-90 bis 93

PFLANZENSCHUTZBERICHTE

HERAUSGEGEBEN VON DER BUNDESANSTALT FÜR PFLANZENSCHUTZ
WIEN II., TRUNNERSTRASSE NR. 1

OFFIZIELLES PUBLIKATIONSORGAN DES ÖSTERREICHISCHEN PFLANZENSCHUTZDIENSTES

VII. BAND	AUGUST 1951	HEFT 3/4

(Aus der Bundesanstalt für Pflanzenschutz in Wien)

Über die Wirkung von p,p'-Dichlordiphenyltrichloraethan (DDT) auf Insekten unter besonderer Berücksichtigung der Abhängigkeit der Kontaktgiftwirkung vom Bau des Insektenintegumentes[1])

Beitrag zur Kenntnis der Wirkungsweise eines modernen synthetischen Kontaktinsektizides

Von

Otto Böhm

I. Einleitung und Problemstellung

Die Entdeckung synthetischer Berührungsgifte in den letzten zehn Jahren hat der angewandten Entomologie viele neue Möglichkeiten geboten, sie aber auch vor zahlreiche neue Probleme gestellt. Einer der bedeutendsten Fortschritte auf diesem Gebiet ist die großtechnische Herstellung von Dichlordiphenyltrichloräthan (DDT). Die Kenntnis der Wirkungsweise der Insektizide auf den Insektenkörper ist von weittragender praktischer Bedeutung. Sie ist die wissenschaftliche Grundlage für die Schaffung neuer chemischer Insektenbekämpfungsmittel.

Die fruchtbarste Arbeitshypothese über den Wirkungsmechanismus des DDT ist wohl die Läuger'sche Theorie der toxischen und lipoidlöslichen Komponenten (Läuger, Martin und Müller 1944). Danach muß ein Kontaktinsektizid zwei grundlegende Eigenschaften besitzen: 1. Die Fähigkeit, zum Ort der Wirksamkeit vorzudringen. 2. Am Orte der Wirksamkeit Giftwirkung zu entfalten. Im DDT seien diese beiden Eigenschaften an bestimmte Teile des Moleküls gebunden: Für die typische Kontaktwirkung des Insektizids sei die Trichlormethyl-

[1]) Auszug aus einer Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades an der philosophischen Fakultät der Universität Wien.

gruppe verantwortlich, die durch ihre hohe Lipoidlöslichkeit der toxischen Gruppe das Eindringen durch das fetthältige Insektenintegument ermögliche. Es ist bezeichnend für den hypothetischen Charakter dieses Erklärungsversuches, daß zwei englische Forscher, Martin und Wain (1944) ebenfalls auf Grund chemischer Untersuchungen und Experimente mit Substitutionsprodukten zur gerade umgekehrten Auffassung gelangen: ihre lipoidlösliche Gruppe ist die Chlorphenylgruppe, während sie als toxische Gruppe die Trichlormethylgruppe ansprechen. Ungeachtet dessen wird bis heute immer wieder die Bedeutung der lipophilen Eigenschaften für die Wirkung von Kontaktinsektiziden in Zusammenhang mit dem Aufbau der Insektenkutikula betont.

Der Wirkungsmechanismus des Kontaktgiftes DDT umfaßt demnach zwei Hauptprobleme: 1. Analyse der Faktoren, die das Eindringen des Wirkstoffes in den Insektenkörper ermöglichen. 2. Klärung des toxischen Effektes des Giftes am Ort seiner Wirksamkeit. Beide Fragenkomplexe sind, wie eine Prüfung der einschlägigen, umfangreichen Literatur beweist, noch durchaus ungelöst. Die vorliegende Arbeit sollte vor allem eine experimentelle Klärung des ersten Punktes bringen. Das Problem der Giftwirkung des DDT im Insektenkörper wurde dabei nur gestreift.

Der Eintritt des DDT in den Insektenkörper erfolgt über die Körperdecke. Es erschien daher von Anfang an geboten, der Beschaffenheit der Insektenkutikula besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Nun ist das Integument sowohl morphologisch-histologisch wie physikalisch-chemisch betrachtet, eine sehr komplizierte Struktur und tritt uns selbst am gleichen Tier in den verschiedensten Ausbildungsformen entgegen. Die Kutikula ist ferner in der mannigfaltigsten Weise von Haarporen, Drüsenausführungsgängen und Sinnesorganen der unterschiedlichsten Art durchbrochen, wodurch sich die Frage nach dem Weg eines Berührungsgiftes ins Körperinnere weiterhin kompliziert. Es galt daher, alle gegebenen Faktoren möglichst gesondert zu untersuchen und auf ihren Einfluß auf das Eindringen von DDT in den Insektenkörper zu prüfen.

Die Frage nach den Ursachen der Resistenz von gegen DDT immunen Insektenarten bot den ersten Ansatzpunkt zur Lösung des Problems. Die neuerdings vor allem in den USA durchgeführten Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Auftreten resistenter Tierstämme sonst empfindlicher Arten mit genetischer Fixierung dieses Merkmals [Ferguson und Kearns 1949; Harrison 1950[1]); March und Lewallen 1950; Pimentel und Dewey 1950[2]); Sternburg

[1]) Vgl. Ref. in Pflanzenschutzber. **6**, 1951, 58.
[2]) Vgl. Ref. in Pflanzenschutzber. **5**, 1950, 304.

und Kearns 1950[3]); Sternburg, Kearns und Bruce 1950[4])] ließen neben der Undurchlässigkeit des Integumentes für das Insektizid auch die Möglichkeit einer sogenannten „inneren Resistenz" als Erklärung offen.

II. Übersicht über die Literatur

Eine zusammenfassende Darstellung des Insektizidproblems, unter Berücksichtigung unserer insektenphysiologischen Kenntnisse gab Hoskins (1940). Staehelin (1928) führt die Resistenz verpuppungsreifer Raupen gegen Pyrethrumseifenlösung auf den Besitz eines doppelten Hautpanzers in diesem Stadium zurück. Umbach (1934) fand die wirksamen Bestandteile gebräuchlicher Kontaktgifte chloroformlöslich. Klinger (1936) hat die Wirkung der Pyrethrine und Derrisgifte auf Insekten untersucht. Für die Pyrethrine wird eine Nervengiftwirkung wahrscheinlich gemacht. Lokale Behandlung mit Pyrethrumextrakt zeigte daß das Gift nicht an allen Stellen der Kutikula gleich schnell zur Wirkung kommen kann. Die kutikulare Schutzwirkung gegen das Insektizid wurde im Injektionsversuch festgestellt. Lipolytische Stoffe erhöhten die Permeabilität der Kutikula. Die Pyrethrine lösen sich in den Lipoiden der Epikutikula und gelangen auf dem Weg über die Pseudoporen an die Nervenendigungen. In gleicher Weise durchdringt nach Stellwaag und Staudenmayer (1940) Dinitro-ortho-kresol das Insektenintegument. Nach Bredenkamp (1941) wird die Kutikula junger Raupen von verschiedenen Kontaktinsektiziden leichter durchdrungen als die älterer Tiere. Während die Epikutikula an allen Körperstellen für Gifte gleichmäßig durchlässig befunden wurde, scheinen dagegen die darunter liegenden Schichten von Exo- und Endokutikula eine wesentliche Schranke darzustellen. Als Hauptdurchtrittsstellen sieht dieser Autor Haarporenmembranen und andere nicht näher bestimmbare Poren der Kutikula an.

Die umfangreiche einschlägige DDT-Literatur wurde von Riemschneider (1950) und von West und Campbell (1950) ausführlich zusammengefaßt. Die vorliegende Darstellung kann sich daher auf das Wesentlichste beschränken. Nach Dresden und Krijgsman (1948) scheinen die spezifisch insektiziden Eigenschaften der Verbindung vor allem mit dem stofflichen Aufbau der Körperdecke dieser Arthropodengruppe im Zusammenhang zu stehen, da sich im Injektionsversuch Insekten und Vertebraten gegen den Stoff in gleicher Weise empfindlich erwiesen. Von Einfluß auf den Permeationsmechanismus von DDT durch die Kutikula sind nach den Angaben der Literatur folgende Faktoren: Lipoidgehalt der Kutikula (Campbell und West 1944; Domenjoz 1944; Hurst 1945; Läuger, Martin und Müller 1944; Wiesmann 1947); Vorhandensein geeigneter „Eintrittspforten" im Sinne von Unterbrechungen des kutikularen Schichtenkomplexes und von verdünnten oder nur schwach sklerotisierten Stellen (Hayes und Liu Yu-Su 1947; Roeder und Weiant 1946; Schaerffenberg 1949 [1]); Wiesmann 1946, 1947 a, b, 1949) und Absorptionsphänomene der Körperdecke (Richards und Cutkomp 1945, Lord 1948). Abrasive Stäubemittel fördern nach David und Gardiner (1950) das Eindringen von DDT in Insekten nicht. Nach Dresden (1949) [2]) beruht die spezifische Kontaktwirkung von DDT gegen Arthropoden auf einem Permeationsproblem. Der Autor erwähnt die Lipoidlöslichkeit des DDT-Moleküls und die besonderen Eigenschaften der chitinhältigen Kutikula, allerdings ohne Begründung durch eine genauere experimentelle Analyse. Über den Einfluß des physikalischen Zustandes der epikutikularen Lipoide auf die Wirkung von DDT gegen resistente Fliegenlarven berichtet Hurst (1949) [3]). Den Einfluß der sogenannten „Eintrittspforten" hat Wiesmann (1949) [4]) eingehend untersucht. Daß die Ergebnisse der letztgenannten Arbeit nur einen Teil dieses Permeationsproblems zu erfassen vermögen, beweist u. a. die verschiedene Kontaktempfindlichkeit nahe verwandter Larvenformen mit äußerlich weitgehend ähnlicher Ausbildung des Integumentes. Sie lassen eine mögliche, durch innere Faktoren bedingte Resistenz gegen das Insektizid und viele wesentliche histologische Strukturen der Kutikula unberücksichtigt.

Ein Sammelreferat über das die Insektenkutikula betreffende Schrifttum gab Wigglesworth (1948 b) [5]). Seither sind über diesen Gegenstand noch folgende in diesem Zusammenhang bedeutungsvolle Arbeiten erschienen: Nach Cloudsley-Thompsen (1950) besitzen offenbar alle Arthropoden eine cuticulinhältige Epikutikula, die, wie bei Insekten und Zecken, mit noch weiteren epikutikularen Schichten vergesellschaftet sein kann. Auch an der Oberfläche des Integumentes von Periplaneta wurde neuerdings eine von Hautdrüsen abgesonderte Zementschichte nachgewiesen (Kramer und Wigglesworth 1950) [6]), die in diesem Falle allerdings von dem bekannten, frei beweglichen Wachs des Schabenintegumentes

---

[3]) Vgl. Ref. in Pflanzenschutzber. 7, 1951, 28—29.

[4]) Vgl. Ref. in Pflanzenschutzber. 5, 1950, 303.

[1]) Vgl. Ref. in Pflanzenschutzber. 5, 1950, 268.
[2]) „ „ „ „ 4, 1950, 25—27.
[3]) „ „ „ „ 7, 1951, 24.
[4]) „ „ „ „ 5, 1950, 236.
[5]) „ „ „ „ 4, 1950, 60—62.
[6]) „ „ „ „ 5, 1950, 398.

überlagert wird. Pal (1950) [7]) fand die Benetzbarkeit des Hautpanzers durch eine Flüssigkeit an verschiedenen Stellen des gleichen Insektes verschieden. Abreiben mit Erdnußöl oder Eintauchen in Äther erhöht die Permeabilität des Hautpanzers von Puppen von Samia walkeri für Wasser (Ludwig 1948). In Permeabiltitätsversuchen mit verschiedenen Salzen und organischen Stoffen waren keine Beziehungen zur Gesamtdicke der Kutikula oder zu sichtbaren Strukturen nachzuweisen (Richards und Hsing Yun Fan 1949). Die Ursachen der Permeabilitätsunterschiede liegen dabei offenbar in der verschiedenen Dicke einer sehr dünnen Schichte (Lipoid-Epikutikula?) oder in der Variation submikroskopischer Porösität einer oder mehrerer Schichten des Gesamtkomplexes (Versuche mit Larven von Phormia regina). Wasser durchdringt die Insektenkutikula leichter in Richtung Epikutikula → Endokutikula als umgekehrt (Schmidt 1948) [8]). DDT diffundiert durch die Kutikula in gleichem Ausmaß bei Eintauchen der Tiere in kolloidale Suspensionen, in Kontakt mit kristallinen Filmen oder mit DDT-Ölfilmen (Stringer 1948). Hurst (1950) [9]) unterscheidet in den Puppenexuvien von Calliphora erythrocephala thermolabile und thermostabile Lipoide. Erstere sind durch Fettlösungsmittel, wie Chloroform, leicht extrahierbar, während die thermostabilen fettartigen Körper an die epikutikularen Proteine „gebunden" sind. Die gesetzmäßige Struktur der gebundenen Lipoide wird durch Einwirkung starker Alkalien zerstört, noch lange bevor die Membran selbst verändert oder angegriffen wird. Der Autor gibt eine Hypothese zur Erklärung der gesetzmäßigen Ablagerung der epikutikularen Wachsmolekel. Die erhöhte Wasserdurchlässigkeit der Epikutikula oberhalb der kritischen Temperatur wird auf den Umbau der orthorhombischen, thermolabilen Lipoidkristallite in hexagonale zurückgeführt. In elektronenoptischen Studien haben Richards und Korda (1948) nachgewiesen, daß die Chitinisolierungsmethoden die Struktur der Kutikularmembranen der Insekten mehr oder weniger stark verändern. Chloroform und Azeton dagegen entfernen die Lipoidepikutikula, ohne den Feinbau der darunter liegenden Proteinepikutikula und Endokutikula zu beeinflussen. Nach Hackmann, Pryor und Todd (1948) spielt bei der Härtung des Insektenintegumentes neben 3 : 4 - Dihydroxyphenylessigsäure auch 3 : 4 - Dihydroxybenzoesäure eine Rolle. Eine kritische Studie über die zur Lokalisierung der phenolischen Substanzen im Insektenintegument, insbesondere von der Wigglesworth'schen Schule, gerne verwendete argentaffine Reaktion nach Lison verfaßte Kühnelt (1949). Weber (1949) bezeichnet die kutikularen Proteine als „Inkrusten", eine Auffassung, die zur Schlichtung dieser alten Streitfrage beitragen kann, zumal Schulze (1922) unter dem Begriff Inkrusten offenbar alle dem Chitin eingelagerten Stoffe verstand und auch darauf hingewiesen hat, daß starke Pigmentierung und starke Inkrustierung nicht notwendigerweise zusammenhängen müssen.

III. Eigene Untersuchungen

1. Material und Methoden.

Eine grundsätzliche Frage war die Wahl der zu verwendenden Versuchstiere. Unter ihnen mußten gegen DDT empfindliche und resistente Arten sein. Für die Untersuchungen über den Einfluß der einzelnen histologischen und chemischen Komponenten der Kutikula auf die Wirksamkeit von DDT wurden vor allem unbehaarte Larvenstadien ausgewählt, bei denen das Integument über größere Partien des Körpers verhältnismäßig einheitlichen Bau besitzt. In den meisten Fällen fanden genau bestimmte Entwicklungsstadien Verwendung, die ich Laborzuchten entnahm. Versuchsreihen, in denen einzelne Ergebnisse miteinander in näheren Vergleich gesetzt werden sollten, wurden stets mit Individuen der gleichen Population ausgeführt. Jeder Einzelversuch erhielt entsprechende Kontrollen, die über die natürliche Sterblichkeit, bzw. Unschädlichkeit bestimmter Behandlungsarten unterrichteten. Im einzelnen erstreckten sich die Untersuchungen über folgende Arten und Entwicklungsstadien: Carausius morosus Br., L1—L6, Imago; Periplaneta orientalis L., L4—L6, Imago; Pyrrhocoris apterus L., L3—L5, Imago; Melasoma saliceti Wse., L2 und L3, Imago; Leptinotarsa decemlineata Say., L1—L4, Puppe, Imago; Ephestia kuehniella Zell., L5, Puppe, Imago; Musca domestica L., L3, Puppe, Imago; Lucilia caesar L., L2 und L3, Puppe, Imago; Calliphora erythrocephala Meig., L3, Puppe; Sarcophaga carinaria L., L3, Puppe; Eristalis tenax L., erwachsene Larven; Bibio hortulanus L., erwachsene Larven.

Um den Einfluß des Integumentes auf die Kontaktwirkung von DDT feststellen zu können, wurde zunächst die Empfindlichkeit der Versuchstiere im Kontakt- und Injektionsversuch festgestellt. Der in allen Experimenten verwendete DDT-Wirkstoff war ein technisches Produkt der J. R. Geigy Company Inc., New York, mit einem p,p'-Isomere-Gehalt von ca. 70%. Für die Kontaktversuche wurde das Präparat in Äther gelöst (1%ig). Die Applikation erfolgte mittels Mikropipette (geeichte Kapillare, Abb. 1) möglichst lokal auf die zentralen Teile der abdominalen Terga. Die applizierte Wirkstoffmenge betrug einheitlich 100 mg techn. DDT/kg Körpergewicht. Injiziert wurden 1, 0.1 und 0.01%ige DDT-Lebertranlösungen, und zwar 100, 10 und 1 mg techn. DDT/kg Körpergewicht mittels 1-ccm-Injektionsspritze, an die eine geeichte, spitz ausgezogene Kapillare angesetzt worden war (Abb. 2). Diese Glasnadeln wurden in der Regel dorsal abdominal, intersegmental zwischen dem 3. und 4. Tergum und etwas lateral, um das Rückengefäß nicht zu verletzen, eingestochen. Für die Beurteilung der Empfindlichkeit der einzelnen Insektenarten und Entwicklungsstadien wurde eine von der inneren Resistenz möglichst unabhängige Größe gewählt: die Latenzzeit. Dem lag weiterhin die Über-

[7]) Vgl. Ref. in Pflanzenschutzber. 5, 1950, 302—303.
[8]) Vgl. auch Hurst (1941).
[9]) Vgl. Ref. in Pflanzenschutzber. 7, 1951, 26—27.

legung zugrunde, daß dieser Zeitabschnitt auch am ehesten der Zeit entspricht, die das Insektizid braucht, um das Integument im Kontaktversuch zu durchdringen. Schematisch gedacht, entspricht die Latenzzeit nach einer idealen, subepidermalen Injektion der Zeit, die das Insektizid im lokalen Kontaktversuch nach dem Durchdringen des Integumentes noch benötigt, um an den Ort seiner Wirksamkeit zu gelangen und dort seine Wirkung zu entfalten (vorausgesetzt, daß das Insektizid das Integument unverändert durchdringt und abgesehen von der Tatsache, daß im Falle der Injektion die gesamte verfügbare Insektizidmenge im gleichen Augenblick subepidermal verfügbar ist, während sie im Kontaktversuch erst allmählich, eine Quantität sozusagen nach der anderen, diffundieren muß). Die Latenzzeit im Kontaktversuch entspricht in diesem Schema der Latenzzeit nach Injektion, vermehrt um die Zeitspanne, die das Gift braucht, um die Körperdecke zu durchdringen.

Die Permeabilität des Integumentes für DDT wurde weiters in Dialyseversuchen geprüft. Glaskapillaren von 2 mm innerer Weite wurden an einem Ende mit von den Weichteilen sorgfältig befreiten Häuten von Fliegenlarven bespannt und in die entsprechenden Lösungen eingestellt; sie enthielten Farbstoffsubstanzen oder verschiedene Flüssigkeiten. Die in Abb. 3 dargestellte Versuchsanordnung hat sich am besten bewährt; sie bot den großen Vorteil, jedes Permeationssystem als abgeschlossene Einheit individuell überwachen zu können. Permeationsversuche mit Stubenfliegenpuparien wurden nach der in Abb. 4 dargestellten Versuchsanord-

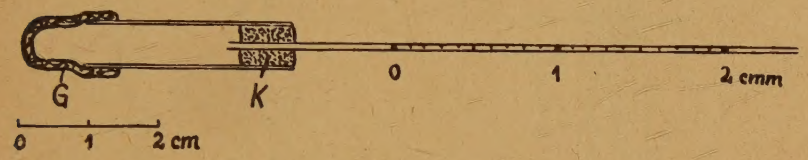


Abb. 1. Mikropipette zur lokalen quantitativen Applikation kleiner Mengen von DDT-Azetonlösungen.
G = Gummihaube, K = Kork.

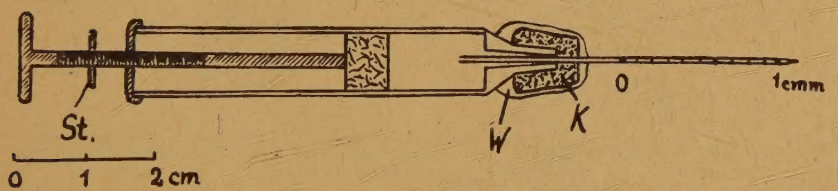


Abb. 2. Spritze zur subepidermalen Injektion kleiner Mengen von DDT-Lebertranlösungen.
St = Stellschraube, W = Wachsdichtung, K = Kork.

nung durchgeführt. Die vom Kitt freigelassene Permeationszone entsprach größenordnungsmäßig der Fläche von 5 Larvenhautmembranen.

Die histologische Untersuchung der Integumente erfolgte in Oberflächenpräparaten, in Gefrier- und in Paraffinschnitten. An Färbemethoden wurden hauptsächlich die Dreifachfärbung nach Mallory und die Fettfärbungen mit Sudan III und Sudan Schwarz B (Romeis 1943) angewendet. Die Bestimmung der Gesamtdicke der Cuticulae erfolgte mittels Mikrometerokular an frischen Gefrierschnitten; Dickenmessungen einzelner Kutikulaschichten wurden an Mallorypräparaten vorgenommen. Die angegebenen Werte sind Mittelwerte von 10 bis 20 Messungen an verschiedenen Stellen der betreffenden Integumentpartien. Die Untersuchung der Epikutikula erfolgte nach der von Wigglesworth (1945, 1947 a, 1947 b, 1948 a) [1]) angegebenen Methode mittels der argentaffinen Reaktion. Diese Methode wurde dabei erstmalig auf eine größere Anzahl von Insekten angewendet. Wigglesworth hat, wie aus dem Schrifttum hervorgeht, stets ganze Tiere mit der Silberlösung behandelt. Unter Wasser isolierte Integumentpartien geben nun die Reaktion niemals, unabhängig von der Art der die reduzierenden

[1]) Vgl. Ref. in Pflanzenschutzber. 1, 1947, 87—88; 3, 1949, 58—59; 3, 1949, 59—60; 3, 1949, 60.

Substanzen bedeckenden Stoffe und unabhängig von der Vorbehandlung durch Lipoidlösungsmittel oder mechanische Abscheuerung. Befreit man jedoch die Häute unter Chloroform von den anhaftenden Weichteilen, verläuft die Reaktion positiv. Daraus muß man schließen, daß die reduzierenden Substanzen in Wasser leicht löslich sind und durch die Sektion unter Wasser ausgeschwemmt werden. Stark sklerotisierte Integumentpartien geben keine Reaktion (Larve von Melasoma!).

Auf die Muscidenlarven ist die argentaffine Reaktion nur mit einiger Vorsicht anwendbar. Nach Dennell (1947) ist der Gehalt der Epikutikula an Polyphenolen zu verschiedenen Zeiten des Larvenlebens (L3) großen Schwankungen unterworfen. Das ist eine unmittelbare Folge der mit der Puparienbildung zusammenhängenden besonderen Vorgänge in der Haut der Fliegenlarven. Nach Vorbehandlung mit Chloroform und Anwendung der argentaffinen Reaktion beobachtet man bei Fliegenlarven häufig zwar keinen Silberniederschlag, dagegen aber eine in der „inneren Epikutikula" (Dennell 1946) einsetzende Bräunung, die immer weiter nach

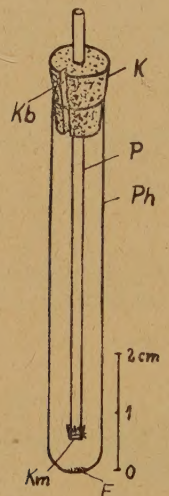


Abb. 3. Versuchsanordnung zur Untersuchung der Permeabilität der Kutikula von Fliegenlarven.
K = Kork, P = Permeationskapillare, Ph = Phiole, Km = Kutikulamembran, F = Farbstoffsubstanz, Kb = Kerbe zum Luftdruckausgleich.

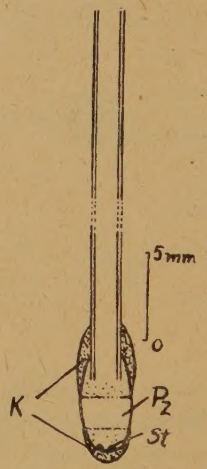


Abb. 4. Permeationskapillare zur Prüfung der DDT-Durchlässigkeit der Kutikula von Stubenfliegenpuparien.
K = Kitt, Pz = Permeationszone, St = abdominales Stigmenpaar.

innen fortschreitet, sich aber bei verschiedenen Exemplaren verschieden weit ausdehnt, nach einiger Zeit von selbst zum Stillstand kommt und dann in diesem Zustand verharrt. Es besteht kein Zweifel, daß es sich dabei um den gleichen Vorgang der Dunkelung (verbunden mit einer bedeutenden Erhärtung — selbstverständlich ohne die hormonal-nervös gesteuerte Kontraktion! —) wie bei der normalen Puparienbildung handelt. Schwieriger zu beantworten ist die Frage nach den Ursachen dieser „induzierten" Bräunung. Es wurde dazu folgender Versuch gemacht: Erwachsene Larven des 3. Stadiums von Musca domestica, deren Darm bereits weitgehend geleert war, wurden für 1 Stunde in ammoniakalisches Silberhydroxyd gelegt: a) Nach Abtötung im Zyankaliglas ohne weitere Vorbehandlung. Ergebnis: Nach dem Wässern war die Farbe der Tiere unverändert. b) Nach 5 Minuten langer Einwirkung von kaltem Chloroform. Ergebnis: Induzierte Bräunung großer Integumentpartien; die Intersegmentalhäute blieben weitgehend farblos. Nach Bleichung in Wasserstoffsuperoxyd zeigte sich an der Oberfläche der entfärbten Stellen leichte Schwärzung durch Niederschlag von reduziertem Silber. Darüber hinaus fanden sich einige tiefschwarze Flecke auf der Kutikula (30—60 μ im Durchmesser), die in Schnittpräparaten als Muskelansatzstellen erkannt wurden (die Sehnen durchdringen die ganze Endokutikula und setzen an der Innenseite der „inneren Epikutikula" an).

c) Nach 5 Minuten langem Kochen in Chloroform. Ergebnis: Keine induzierte Bräunung. Die gesamte Oberfläche der Kutikula zeigte einen mittelstarken, schwarzen Niederschlag von reduziertem Silber, der sich um die Stigmen und die Muskelansatzstellen herum verdichtete. Sämtliche Muskelansatzstellen am Larvenkörper waren tiefschwarz gefärbt. Die gleiche Reaktion erhält man mit jungen Musca-Larven des 3. Stadiums. — Schließlich wurden noch einige Larven 5 Minuten lang in kaltes Chloroform eingelegt und dann 1 Stunde lang in destilliertes Wasser übertragen (d). Ergebnis: Induzierte Bräunung wie bei b). Diese Bräunung erfolgt nur bei Larven, die wenige Stunden vor der Puparienbildung stehen. Bei jungen L3 wurde sie nie beobachtet.

Die induzierte Bräunung ist also von der durch das Silber hervorgerufenen Dunkelfärbung streng zu unterscheiden. Nach den oben dargestellten Versuchen gibt es für diese Reaktion in der Kutikula erwachsener Fliegenlarven [1]) folgende Erklärungsmöglichkeiten: Als unmittelbare Ursache für die Erscheinung wurde die Einwirkung des Chloroform erkannt. Vielleicht wird durch die Auflockerung der Lipoide dem Luftsauerstoff die Möglichkeit gegeben, in die

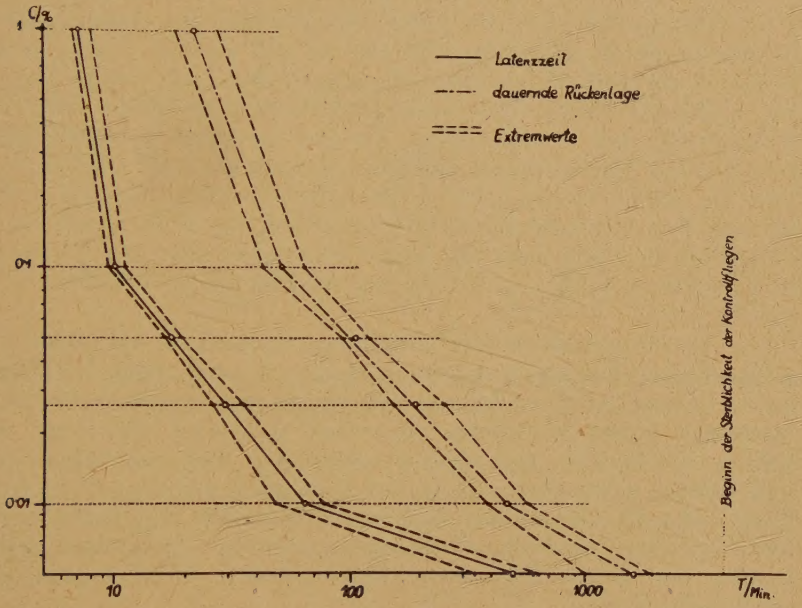


Abb. 5. Fliegentest. Graphische Darstellung der Konzentration-Zeit-Relation für die im Text erläuterten Versuchsbedingungen. C = Konzentration, T = Zeit.

Kutikula einzudringen (oder „in verstärktem Maße einzudringen", wenn man die von Fraenkel und Herford (1938) beschriebene Tatsache berücksichtigt, daß bei Calliphora-Larven bei totaler Ausschaltung der stigmatären Respiration die Atmungsintensität noch immer einem Viertel des Grundumsatzes entspricht) und dort eine ähnliche Wirkung zu entfalten, wie wir sie beispielsweise von der Bräunung der Hämolymphe an der Luft her kennen. Das Chloroform könnte aber auch eine ähnliche Wirkung im Integument hervorrufen, wie sie Dennell (1947) von Methylalkohol beschreibt („Methylalkoholeffekt"). Die experimentelle Klärung dieses Fragenkomplexes würde den Rahmen vorliegender Arbeit überschreiten. Es sollte damit nur

[1]) Die gleiche Erscheinung beobachtete ich auch an Larven von Lucilia caesar, Calliphora erythrocephala und Sarcophaga carinaria mit wechselnder Intensität. Es ließen sich bei diesen Arten allerdings keine Beziehungen zu dem sonstigen Verhalten der epikutikularen Lipoide erkennen, was wohl damit zusammenhängen mag, daß der Gehalt an Phenolen zu bestimmten Zeiten des Larvenlebens bei den verschiedenen Arten selbst eine variable Größe darstellt (Dennell 1947), wodurch sich die Verhältnisse verwirren.

auf ein interessantes Problem hingewiesen und gezeigt werden, wie notwendig die kritische Prüfung solcher indirekter Methoden ist, insbesondere, wenn es sich um eine derart allgemeine Reaktion handelt, wie die vorliegende argentaffine Reaktion.

Ein schwieriges Problem war der Nachweis kleinster Mengen von DDT. Nach kritischer Prüfung der verfügbaren Methoden wurde der biologische Test mittels Stubenfliegen gewählt. Die zu prüfenden Wirkstoffmengen wurden, in Azeton gelöst, in Petrischalen von 9 cm Durchmesser auf Filterpapier aufpipettiert; nach Verdunsten des Lösungsmittels wurden 2—4 Tage alte Fliegen einer möglichst einheitlichen Population aufgesetzt und die Menge des vorhandenen Insektizids aus Latenzzeit und K. o.-Punkt (jeweils für 50% der im Versuch verwendeten Fliegen) bestimmt. Eine Übersicht über die Möglichkeiten und Grenzen dieses Testes vermittelt Abb. 5 (1 ccm DDT-Lösung pro Petrischale).

Weitere besondere Arbeitsmethoden werden unmittelbar vor den entsprechenden Experimenten erläutert werden.

2. Die toxische Wirkung von p, p'-DDT im Insektenkörper

Im Zusammenhang mit den Untersuchungen über die Durchlässigkeit des Insektenintegumentes für DDT war es eine wichtige Frage, ob der Wirkstoff die Kutikula unverändert passiert, ob er sich also im Körper der vergifteten Insekten überhaupt nachweisen läßt. Ferner, falls letzteres zutrifft, auf welchem Wege sich das Insektizid im Körper ausbreiten kann. Damit wurden schließlich Fragen über die toxische Wirkung im Insektenkörper berührt. Im Rahmen vorliegender Arbeit behandeln diese Versuche nur ein Nebenproblem, das allein wegen seiner grundsätzlichen Bedeutung für unsere Kenntnisse über den Wirkungsmechanismus von DDT an den Anfang des experimentellen Abschnittes gestellt sei.

Der Vergiftungsverlauf DDT-vergifteter Insekten ist bei verhältnismäßig kurzer Latenzzeit durch ein langes Krampf- und Lähmungsstadium charakterisiert, das sich bei resistenteren Arten wochenlang ausdehnen kann. Neuerdings unterschied G l a u c o (1951) an den Raupen von Bombyx mori zwei Symptomarten: Die vom Gehirn verhältnismäßig unabhängigen Tremorerscheinungen und eine in späteren Stadien der DDT-Vergiftung stets zu beobachtende Schrumpfung, die auf einer vom Zentralnervensystem gesteuerten Muskelkontraktion beruht; bei Anwendung einer Ligatur bleiben die Schrumpfungserscheinungen aus.

Bei widerstandsfähigeren Arten macht der Ablauf der DDT-Vergiftung bei Anwendung niederer Konzentrationen den Eindruck eines Kampfes zwischen dem in den Insektenkörper eindringenden Wirkstoff und der entgiftenden Kraft des Organismus. Die tödliche Wirkung des Insektizids muß daher bei den einzelnen Insektenarten weitgehend abhängig sein von der Fähigkeit des Körpers, das DDT auf irgend einem Weg mehr oder weniger unschädlich zu machen (Speicherung im Fettkörper, Abbau zu ungiftigen Stoffwechselprodukten).

A. Der Nachweis des Wirkstoffes im Insektenkörper nach Kontaktbehandlung

M e t h o d e : Versuche mit erwachsenen Larven von Tenebrio und Leptinotarsa. Hämolymphe und Körpergewebe von auf DDT-Filmen kontaktvergifteten Tieren wurden mit Talcum vermischt, nach dem Trocknen fein zerrieben, mit Azeton extrahiert und die Extrakte dann in die Testschalen eingegossen. Über die Ergebnisse unterrichtet Tabelle 1.

Tabelle 1

Nachweis von DDT in der Hämolymphe (H) und in den Körpergeweben (Muskulatur-M-, Verdauungstrakt-V-, Fettkörper-F) von erwachsenen Larven von Tenebrio molitor und Leptinotarsa decemlineata (L 4) durch den Fliegentest

Tierart	Gewebeart	Menge des untersuchten Gewebes	Lat. 50% [1]	K. o. 50% [1]
Tenebrio molitor	H	0·4 cm³	5 St.	19½ St.
	M	0·4 g	4 St.	14 St.
	V	0·4 g	6½ St.	18 St.
	F	0·4 g	65 Min.	7 St.
Leptinotarsa decemlineata	H	0·4 cm³	—	—
	M	0·4 g	—	—
	V	0·4 g	—	—
	F	0·4 g	—	—
	H	2·0 cm³	8 St.	27 St.
	M, V, F	2·0 g	10 St.	31 St.

Der die Testfliegen tötende Stoff ist mit hoher Wahrscheinlichkeit der DDT-Wirkstoff. Dafür sprechen vor allem zwei Tatsachen. 1. Unsere bisherigen Kenntnisse über den DDT-Stoffwechsel im Insektenkörper lehren, daß alle bekannten Umwandlungs-, bzw. Abbauprodukte des Insektizids für Insekten und insbesondere für Fliegen ungiftig sind. 2. Die im Fliegentest beobachteten Vergiftungssymptome gleichen genau denen von Fliegen auf DDT-Vergleichsfilmen entsprechenden Wirkstoffgehaltes.

DDT ist demnach durch den Fliegentest nach Kontaktvergiftung in der Hämolymphe, der Muskulatur, in den Geweben des Verdauungstraktes und im Fettkörper nachweisbar. Besonders reich an DDT ist der Fettkörper der Tenebrio-Larve. Zu ähnlichen Befunden führten auch Versuche mit den äußerst DDT-empfindlichen ersten Larvenstadien von Leptinotarsa als Testtiere. Die Hämolymphe und die inneren Organe der empfindlicheren Leptinotarsa-Larve enthalten weniger Wirkstoff als die des resistenteren Mehlwurmes, was vielleicht

[1] Lat. 50% bedeutet in diesen Versuchen die Zeitspanne, innerhalb welcher bei 50% der Testfliegen erste Vergiftungssymptome auftraten, K. o. 50% den entsprechenden Zeitpunkt für dauernde Rückenlage (Mittelwerte aus 3 Versuchsreihen).

eine Folge der völlig verschiedenen inneren Organisation dieser beiden Arten ist.

Dieses hier dargestellte Vorkommen von DDT in der Hämolymphe und in anderen Organsystemen steht im Widerspruch zu den Ergebnissen von Eckart (1949) und Heubner (1949)[1]) und zu der neuen Arbeit von Sternburg und Kearns. Nun ist die Frage nach der Bedeutung der in vorliegenden Versuchen nachgewiesenen DDT-Mengen für den Insektenkörper durchaus unbeantwortet. Die in den Experimenten von Eckart und Heubner angewendeten Wirkstoffmengen waren sehr gering. Es ist daher durchaus möglich, daß die Nervenbahn wohl in erster Linie, nicht aber allein für den Stofftransport von DDT im Insektenkörper in Betracht kommt. Der Vergleich der hier dargestellten Ergebnisse mit den Resultaten von Sternburg und Kearns gestaltet sich auf Grund methodischer Verschiedenheiten schwierig. Das Hauptproblem aller derartigen Experimente besteht in der Erfassung der geringen beteiligten Stoffmengen.

B. Der Angriffspunkt im Insektenkörper

a) Die Wirkung auf Nervenzentren

Die Nervengiftwirkung von DDT ist bereits durch viele Versuche belegt; die histologischen Veränderungen im Nervensystem nach DDT-Einwirkung sind aber außerordentlich gering, verglichen etwa mit den Schädigungen der Ganglienzellen nach Pyrethrumvergiftung. Hartzell (1945) hatte an einem gegen DDT empfindlichen Tier, dem Imago von Musca domestica, nach Vergiftung durch das Insektizid im Gehirn und in den Thorakalganglien leichte Auflösungserscheinungen in den Faserpartien und Kerndegenerationen festgestellt. Ich habe ähnliche Untersuchungen an dem bedeutend resistenteren Mehlwurm angestellt (Toluidinblaufärbung). An den Schnitten waren in den Thorakalganglien DDT-kontaktbehandelter Tenebrio-Larven leichte bis mittelstarke Degenerationen der Ganglienzellen nachweisbar (Abb. 6). Ohne sichtbare Veränderungen waren das Neuropilem und das Epineurum dieser Ganglien sowie die Rindenschichte der ersten drei Abdominalganglien.

b) Die Wirkung auf die Herztätigkeit

Methode: Feststellung der Pulsationen in der Zeiteinheit (Kirschner 1932). Ein ausgezeichnetes Objekt für derartige Untersuchungen ist die Kartoffelkäferlarve, deren durchsichtige Rückenhaut unter dem Binokular die mühelose Beobachtung der Schlagfrequenz des Herzens erlaubt. Die Untersuchungen wurden an schwer gelähmten Kartoffelkäferlarven im 4. Stadium nach Kontakt mit einem DDT-Film (Petrischalenmethode) bei einer konstanten Raumtemperatur von 22° C durchgeführt.

Bei einer durchschnittlichen Zahl von 61 Pulsationen pro Minute bei den Kontrolltieren (10) gegenüber 60·5 Pulsationen bei den DDT-behan-

[1]) Vgl. Ref. in Pflanzenschutzber. 5, 1950, 233.

delten Larven konnte ein Einfluß des Insektizids auf die Schlagfrequenz des Dorsalgefäßes dieses Stadiums nicht festgestellt werden.

c) Die Wirkung auf den pH-Wert der Hämolymphe

Nach der Hydrolysentheorie von Martin und Wain bestand die Möglichkeit einer Veränderung des Blut-pH nach Vergiftung durch DDT. Mittels kolorimetrischer Methoden (Indikatorenreihe nach Michaelis, Folienkolorimeter nach Wulff) wurden für die Hämolymphe DDT-kontaktbehandelter und unbehandelter erwachsener

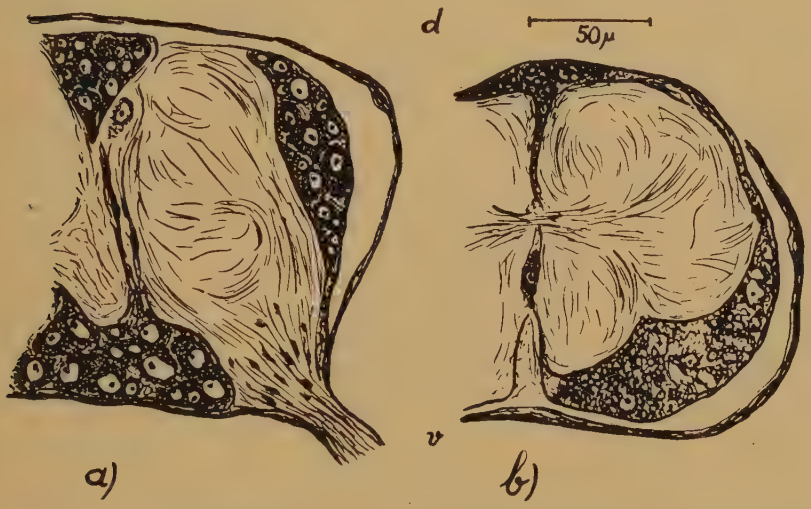


Abb. 6. Querschnitte durch das 2. Thorakalganglion der erwachsenen Larve von Tenebrio molitor. Toluidinblau. a) Unbehandeltes Tier. b) Nach DDT-Kontaktvergiftung schwer gelähmtes Tier. d = dorsal, v = ventral.

Tenebrio-Larven pH-Werte von 7·0 bis 7·3 festgestellt. Eine Beeinflussung der Wasserstoffionenkonzentration nach Behandlung mit DDT war nicht nachweisbar.

In weiteren Versuchen zur HCl-Abspaltungstheorie konnten weder durch Injektion von n/1000-n/10 HCl in erwachsene Larven von Tenebrio molitor die von der DDT-Vergiftung her bekannten Krämpfe induziert werden, noch gelang es durch äußere Anwendung von Natriumkarbonat an diesem Tier, den durch DDT hervorgerufenen Vergiftungsverlauf zu beeinflussen. Dagegen ist neuerdings aus einer kurzen Mitteilung von Hurst (1949) zu entnehmen, daß an Larven von Calliphora erythrocephala die Entgiftung von DDT am Ort seiner Wirksamkeit durch Applikation von 5%igen KOH-Lösungen auf vergiftete

Tiere gelang. Inwieweit an den verschiedenen, hier dargestellten experimentellen Befunden Unterschiede in den Eigenschaften des Integumentes der untersuchten Larven beteiligt sind, ist aus den vorliegenden Ergebnissen noch nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

d) Atemgiftwirkung

Nach den Angaben der Literatur besitzt DDT keine Atemgiftwirkung. Dies erleichtert die Beurteilung der Versuche über die Kontaktwirkung der Substanz. Nur eine Arbeit (Emmel 1950) berichtet über biologisch nachweisbare Sublimation von DDT. In den von Emmel mitgeteilten Ergebnissen scheint jedoch eine Trägerwirkung nicht ausgeschlossen. In mehreren eigenen Versuchen mit Stubenfliegen als Testtieren konnten in keinem Falle Anzeichen für eine Atemgiftwirkung festgestellt werden.

3. Der Einfluß des Integumentes auf die Wirksamkeit von p, p'-DDT

Zunächst muß darauf hingewiesen werden, daß unsere Kenntnisse über die Insektenkutikula trotz den zahlreichen neuen Arbeiten, die in letzter Zeit auf diesem Gebiet erschienen sind, in vielen speziellen Fragen noch sehr hypothetischer Natur sind. Es sei hier nur an das Problem Epikutikula, das Vorkommen und die Verteilung reduzierender Stoffe in den einzelnen Schichten der Kutikula oder an die Natur der Porenkanäle erinnert. Die bisherigen Untersuchungen haben davon eigentlich nur einzelne Typen aufgezeigt, ohne eine größere Mannigfaltigkeit an Arten zu berücksichtigen. Hier blieb einer vergleichenden Bearbeitung ein weites Feld.

A. Die Durchlässigkeit spezieller Integumente verschiedener Insektenarten und Entwicklungsstadien für p, p'-DDT

Die Beurteilung der Ergebnisse der DDT-Kontakt- und Injektionsversuche, deren Darstellung im einzelnen hier nicht möglich ist, führte zur Einreihung der untersuchten Integumente in ein graduiertes Schema von Stufen verschiedener DDT-Durchlässigkeit (Tabelle 2).

Drei Beispiele mögen den Weg dieser Untersuchungen erläutern.

Die erwachsene Larve des 3. Stadiums von Leptinotarsa decemlineata ist gegen DDT sehr kontaktempfindlich. Die Latenzzeit im Kontaktversuch betrug 10—18 Minuten (76 Stunden alte L3). Wir haben es also mit einem Tier zu tun, dessen Integument (abdominale Terga) für DDT stark durchlässig und dessen innere Resistenz gering ist (die DDT-Vergiftung führt in wenigen Stunden zum Exitus). Auch die erwachsenen Larven des 5. Stadiums von Ephestia kuehniella hatten gegen DDT eine kurze Latenzzeit (6—18 Minuten). 15—30 Minuten nach der Applikation des Wirkstoffes waren die Tiere aber wieder völlig normal; sie lieferten normale Puppen und Falter. Der Injektionsversuch mit abgestuften Konzentrationen ergab bei dieser Art eindeutig eine hohe innere Resistenz. So war beispielsweise bereits die Injektion von 10 mg DDT/kg Körpergewicht völlig wirkungslos; die so behandelten Larven lieferten gleich den unbehandelten Kontrollen normale Puppen und Falter. Die Ephestia-Larve besitzt also ebenfalls eine für DDT sehr stark durchlässige Rückenhaut.

Ein völlig anderes Bild bieten beispielsweise die erwachsenen Larven des 3. Stadiums von Sarcophaga. Im Injektionsversuch DDT-empfindlich (8—15 Minuten Latenzzeit bei Injektion der 1%igen Lösung, früher Exitus), sind diese Tiere im Kontaktversuch durch DDT nicht zu beeinflussen. Dieses Verhalten kann nur durch ein extrem undurchlässiges Integument erklärt werden. Die vierte Möglichkeit, eine Kombination von hochgradig DDT-undurchlässiger Kutikula mit hoher innerer Resistenz habe ich unter den von mir untersuchten Arten und Entwicklungsstadien nicht realisiert gefunden. Ihre Existenz wäre aber durchaus denkbar.

Tabelle 2

Durchlässigkeit der abdominalen Terga verschiedener Insektenarten und Entwicklungsstadien für DDT

Tierart	Entwicklungsstadium und Geschlecht	Permeabilität der Kutikula[1])
Carasius morosus	L 1—L 5	1
	L 6 und I	2
Periplaneta orientalis	Männchen: L 4—L 6	4
	I	3
	Weibchen: L 4—L 6; I	5
Pyrrhocoris apterus	L 3—I	3—4
Tenebrio molitor	L 5—13 mm lang	2
	L erwachsen	3
	P verschiedenen Alters	2 (?)
	I	1—2
Melasoma saliceti	L 3 kurz nach der Häutung	2
	L 3 erwachsen	3—4
Leptinotarsa decemlineata	L 3	1
	L 4 1 Tag nach der Häutung	1—2
	L 4 3 Tage nach der Häutung	2—3
	P 5 Tage alt	2—3
Ephestia kuehniella	L 5	1
Musca domestica	L 3 jung (12 mg)	1
	L 3 erwachsen, Darm voll	2—3
	L 3 Darm leer	3
Lucilia caesar	L 2 (5 mg)	2—3
	L 3 jung (15 mg)	3—4
	L 3 erwachsen, Darm voll und leer	4
Calliphora erythrocephala	L 3 jung (34 mg)	3—4
	L 3 erwachsen (80—92 mg)	4
Sarcophaga carinaria	L 3 jung (26 mg)	4
	L 3 (100 mg)	4—5
	L 3 (120 mg) — L 3 Darm leer (148 mg)	5
Eristalis tenax	L erwachsen	5
Bibio hortulanus	L erwachsen	1—3 (?)

[1]) Die Ziffern bedeuten folgende Grade der Durchlässigkeit: 1 = sehr stark durchlässig; 2 = stark durchlässig; 3 = durchlässig; 4 = schwach durchlässig; 5 = undurchlässig.

Aus dieser Übersicht läßt sich folgendes erkennen: Frühe Larvenstadien besitzen in der Regel eine für DDT durchlässigere Kutikula als spätere und Imagines. Bei Entwicklungsstadien vom Typ der Chrysomeliden- oder Muscidenlarven vermindert sich die Permeabilität des Integumentes für DDT mit zunehmendem Alter des letzten Larvenstadiums. Nach Dennell (1946) vergrößert sich der Durchmesser der Larvenkutikula von Sarcophaga falculata vom Zeitpunkt der Häutung (1½ Tage alte Larve) während der nächsten 36 Stunden von 10 μ auf 40 μ. Die Dicke des Integumentes steigt sodann in den folgenden 24 Stunden auf 240 μ. Es wird gezeigt werden, daß bei den letzten Stadien der Chrysomelidenlarven ähnliche Verhältnisse vorliegen. Unter den für DDT undurchlässigen Integumenten befinden sich sklerotisierte (Periplaneta) und weiche (Sarcophaga, Eristalis). Schwach sklerotisierte Insektenskelette können recht durchlässig sein (Tenebrio). Unter den äußerlich sehr ähnlichen Körperdecken der Muscidenlarven finden sich alle Übergänge von stark durchlässig bis undurchlässig. Die große Bedeutung der Chemoreceptoren und ähnlich gebauter Sinnesorgane, bzw. anderer stark verdünnter und reichlich innervierter Integumentstellen als besondere Eintrittspforten für DDT steht nach den Untersuchungen von Wiesmann (1949), Hayes und Liu Yu-Su sowie nach eigenen Versuchen außer Zweifel. Wie aber liegen die Verhältnisse bei den vielen wirtschaftlich oft nicht minder bedeutungsvollen Larvenformen? Die vorstehend grob aufgezeigten Probleme rechtfertigen eine eingehende Analyse. Man kann darüber hinaus die in den folgenden Abschnitten dargestellten Untersuchungen, auf die überaus feinen Verhältnisse der Hautsinnesorgane projiziert, gewissermaßen als eine Art Modellversuche auffassen, die die Wirkungsweise dieser besonders bei der praktischen Anwendung der Schädlingsbekämpfungsmittel auf DDT-Basis außerordentlich wichtigen speziellen Eintrittspforten erst richtig verständlich machen.

B. Die verdünnten Stellen der Kutikula

Verdünnte Integumentpartien sind also bevorzugte Angriffspunkte für DDT. Sie bereiten gleichzeitig den Untersuchungen über den Einfluß der einzelnen Fraktionen der allgemeinen Kutikula auf deren Durchlässigkeit für DDT erhebliche Schwierigkeiten. Es war daher nötig, alle untersuchten Integumentpartien auf das Vorhandensein und die Bedeutung von Haarporen, Sinnesorganen, Drüsenöffnungen und auf die Ausbildung der Intersegmentalhäute zu prüfen.

a) Stigmen und Drüsenöffnungen

Die abdominalen Stigmen der amphipneustischen Muscidenlarven und die Öffnungen der seitlichen Rückendrüsen der Melasoma-Larven sowie die Mündungen der medianen Rückendrüsen der Larven von Pyrrhocoris sind keine speziellen Eintrittspforten für DDT. Die

Muscidenlarven besitzen keine besonders DDT-kontaktempfindlichen Körperstellen. Sie reagieren auf lokale Begiftung verschiedener Stellen der Kutikula in gleicher Weise. Bei Periplaneta orientalis besteht dagegen ein auffälliger Zusammenhang zwischen der Permeabilität des Integumentes männlicher und weiblicher Tiere für DDT und der Zahl der Hautdrüsen pro Flächeneinheit (Tabelle 3).

Tabelle 3

Anzahl der Hautdrüsen von Periplaneta orientalis bei männlichen und weiblichen Tieren verschiedener Entwicklungsstadien

Geschlecht	Entwicklungsstadium	Anzahl der Hautdrüsen pro mm² [1])	Permeabilität der Kutikula
Männlich	L 4	3.500	4
	L 6	3.700	4
	I	5.200	3
Weiblich	L 4	1.200	5
	L 6	1.200	5
	I	1.200	5

Eine ähnliche Korrelation findet sich bei den verschieden DDT-kontaktempfindlichen Entwicklungsstadien von Tenebrio molitor (Tabelle 4).

Tabelle 4

Anzahl der Poren der Kutikula verschiedener Entwicklungsstadien von Tenebrio molitor

Entwicklungsstadium	Anzahl der Poren pro mm²	Permeabilität der Kutikula
L 7 mm lang	1.000	2
L erwachsen	320	3
P	8.400	2 (?)

Für den entscheidenden Anteil, den diese Poren für die Durchlässigkeit des Integumentes für DDT besitzen, spricht unter Berücksichtigung der Darstellungen von Wigglesworth (1948 a) auch die Tatsache, daß Puppen verschiedenen Alters gegenüber diesem Insektizid gleich hoch kontaktempfindlich sind.

[1]) Mittelwerte von den abdominalen Terga II und III.

b) Intersegmentalhäute

Die Intersegmentalmembranen sind als Stellen erhöhter Durchlässigkeit für Kontaktgifte bekannt.

Carausius morosus. Die Intersegmentalhäute des Abdomens sind Stellen hoher Kontaktempfindlichkeit gegenüber DDT. Aus Gefrierschnitten wurden folgende Dimensionen nach Färbung mit Sudan Schwarz B ermittelt. Abdominales Tergum: Exo-Epikutikulakomplex 17,5 µ, Endokutikula 26,2 µ, Intersegmentalmembran II.—III.: Exo-Epikutikulakomplex 13,1 µ, Endokutikula 6,5 µ. Der Exo-Epikutikulakomplex ist durch den Fettfarbstoff stark grau angefärbt. Bei Verwendung von Sudan III nehmen die Intersegmentalhäute eine deutlich stärkere rote Färbung an als die Tergumlängsschnitte, die selbst nach halbstündiger Färbedauer nur einen blaßroten Farbton zeigen. Daraus kann man schließen, daß der Lipoprotein-Komplex der Intersegmentalhäute weniger stark polymerisiert ist als der der Terga.

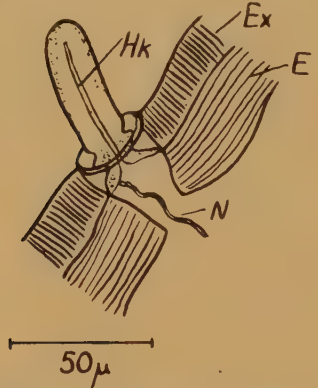


Abb. 7. Sinnesstiftchen zur Aufnahme mechanischer Reize in der Kutikula eines abdominalen Tergum von Carausius morosus. Imago. Hk = Haarkanal, Ex = Exokutikula, E = Endokutikula, N = ableitender Nerv.

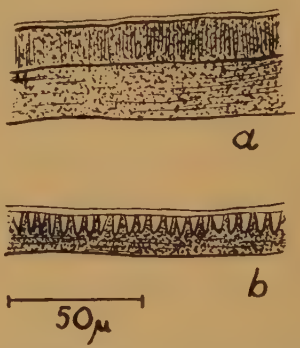


Abb. 8. Querschnitt durch die Kutikula der erwachsenen Larve von Tenebrio molitor. Sudan Schwarz B. (Die angefärbten Integumentpartien sind durch Punktierung hervorgehoben.)
a) Abdominales Tergum. b) Intersegmentalhaut.

An der erhöhten DDT-Durchlässigkeit der Intersegmentalmembranen bei Carausius scheinen demnach folgende Eigenschaften entscheidend beteiligt: 1. Die Gesamtdicke der Kutikula der Intersegmentalhäute beträgt nur 44·8% der Dicke der Terga. 2. In den Intersegmentalhäuten enthalten 66·8% des Querschnittes fettartige Substanzen gegenüber 40% in den harten dorsalen Segmentpartien. 3. Die Intersegmentalhäute enthalten mehr „freie" Lipoide als die Terga.

Die Zahl der Hautsinnesorgane (Abb. 7) [1]) ist auf den Intersegmentalhäuten nicht größer als auf den abdominalen Terga. Über die Ausbildung des peripheren Nervensystems bei Carausius berichtete Marquart (1940). Dieser Autor macht allerdings keine Angaben über das Hautnervennetz. Nach Tonner (1936) ist bei dieser Phasmide ein typisches Hautnervensystem vorhanden, dessen Zellen allerdings nicht ausschließlich auf das subepidermale Bindegewebe beschränkt sind, sondern auch gelegentlich den Muskeln aufliegen können. Es ist daher verständlich, daß die besonderen Eigenschaften der Intersegmentalhäute dem lipophilen DDT den Weg zu seinem Wirkungsort bedeutend erleichtern.

[1]) Neben diesen charakteristischen Sinnesstiftchen sind bei den verschiedenen Entwicklungsstadien von Carausius noch Sinneshaare vorhanden.

Tenebrio molitor. Merkwürdigerweise sind die Tenebrio-Larven an den Intersegmentalhäuten gleich kontaktempfindlich wie an den harten Segmentflächen. Die Intersegmentalhäute des Mehlwurmes besitzen bekanntlich eine in kegelartige Bildungen aufgelöste Exokutikula. Mit Sudan Schwarz B behandelte Gefrierschnitte zeigen folgendes Bild (erwachsene Larven). Terga: Exo- und Endokutikula stark grau angefärbt, Epikutikula ungefärbt, bernsteinfarbig (Abb. 8 a). Gesamtdicke der Kutikula 52,5 µ. Intersegmentalhäute: Epikutikula und Exokutikula (Kegel) ungefärbt, Endokutikula hellgrau (Abb. 8 b). Gesamtdicke der Kutikula 17,5 µ. — Färbung mit Sudan III. Terga: Exo- und Endokutikula leicht rot angefärbt, Epikutikula ungefärbt, bernsteinfarbig. Intersegmentalhäute: Epi-, Exo- und Endokutikula ungefärbt. Für die Färbbarkeit der Endokutikula durch Sudan III besteht dabei im Längsschnitt eine ziemlich scharfe Grenze an der Stelle, von wo an die Exokutikula in Kegel aufgelöst ist. — Zu diesem Verhalten gegenüber den Fettfarbstoffen ist folgendes zu bemerken: Exo- und Endokutikula der Terga enthalten ein freies Fett. Die Epikutikula trägt an ihrer Oberfläche ein kristallines Wachs (Wigglesworth 1945). Die mikrochemische Analyse der Lipoide ist bis jetzt noch ein recht ungelöstes Problem. So unterscheidet Cain (1950) in einer neuen Arbeit zwischen flüssigen oder schmierigen Lipoiden und festen, fettartigen Substanzen, bei denen auch Sudan Schwarz B vielfach versagt. Vielleicht ist damit eine Erklärungsmöglichkeit für die zunächst überraschende Tatsache gegeben, daß die in Fettlösungsmitteln leicht löslichen epikutikularen Wachse der Tenebrio-Larve durch Sudan Schwarz B nicht anfärbbar sind. Die Kegel der Intersegmentalhäute verhalten sich gegen die Fettfarbstoffe wie die Epikutikula. Sie sind wie diese stark lichtbrechend. Es ist anzunehmen, daß auch sie durch kristalline Wachse imprägniert sind. Die Endokutikula der Intersegmentalhäute dagegen dürfte höher polymerisierte Lipoide als die der Terga enthalten.

Die Durchlässigkeit der Intersegmentalhäute für DDT entspricht ungefähr der der harten Terga. Die die Permeabilität fördernden und hemmenden Faktoren scheinen sich bei diesen durchaus verschieden aufgebauten Integumentpartien zu kompensieren. Auflösung der leicht sklerotisierten Exokutikula und Verminderung der Dicke des Integumentes erhöhen zweifellos die Durchlässigkeit, die geringere Menge freier Lipoide der Endokutikula vermindert sie. Nach den oben dargestellten Verhältnissen, die Lipoide betreffend, bewegen wir uns auf durchaus hypothetischem Boden, wenn angenommen wird, daß feste freie Wachse für DDT einen ähnlichen Widerstand bedeuten wie weiche oder flüssige, aber gebundene Lipoide. Diese Annahme hat allerdings einiges für sich. Sie erklärt vor allem die trotz einiger Sklerotisierung der Exokutikula zunächst nicht ganz verständliche Tatsache, daß eine in ihrem ganzen Querschnitt derart fetthältige Kutikula wie die der Terga der erwachsenen Mehlkäferlarve eine nur mittelstarke Durchlässigkeit für DDT besitzt.

Es sei ferner schon an dieser Stelle besonders auf die überraschende Tatsache hingewiesen, daß fettartige Substanzen im Querschnitt der Insektenkutikula eine größere Ausdehnung einnehmen können, als bisher angenommen wurde. Bei Carausius ist die ganze Exokutikula, bei der Larve von Tenebrio molitor sind Exo- und Endokutikula durch Sudan Schwarz B und Sudan III anfärbbar. Dieser Befund erklärt vielleicht auch die durch Kunike (1933) beobachtete Erscheinung, daß Tenebrio-Larven gegen inerte Stäubemittel unempfindlich sind.

c) Haarporen und Hautsinnesorgane

Ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Anzahl der Hautsinnesorgane und Haarporen pro Flächeneinheit und der Durchlässigkeit des Integumentes für DDT besteht nicht. Besonders auffällig sind dabei jene Fälle, wo Hautsinnesorgane und Hautporen überhaupt zu fehlen scheinen und doch alle Übergänge von sehr starker Permeabilität bis zu weitgehender Undurchlässigkeit der Kutikula vorkommen (Dipterenlarven). In den folgenden Untersuchungen dürfen daher wohl Haarporen und Hautsinnesorgane vernachlässigt werden, eine Tatsache, die methodisch eine große Erleichterung bedeutet und manche Möglichkeiten erst erschließt, die aber genau geprüft sein wollte, um arge Fehlurteile zu vermeiden.

C. Die histologischen Strukturen des Integumentes

a) Gesamtdicke der Kutikula

Die Gesamtdicke der Kutikula verschiedener Insektenarten steht in keiner nachweisbaren Beziehung zur Permeabilität des Integumentes für DDT. Es gibt sehr dünne Hautpanzer, die nur schwer permeabel sind (Pyrrhocoris, L 3: 11·3 µ; junge Larven des 3. Stadiums von Sarco-

phaga: 8·7 μ). Die sehr dicke Kutikula der erwachsenen Bibio-Larve dagegen (157·5 μ) ist recht durchlässig. Nur innerhalb der einzelnen Arten sind bei Vergleich verschieden alter Entwicklungsstadien die dickeren Häute in der Regel weniger durchlässig als die dünnen. Keinesfalls ist die Dicke der Kutikula ein die DDT-Permeabilität primär regelnder Faktor.

b) Ausbildung der einzelnen Schichten

Die Gesamtstruktur des Integumentes

Aus der Untersuchung der Ausbildung der einzelnen Schichtenkomplexe der Integumente verschiedener Insektenarten und Entwicklungsstadien ergaben sich folgende allgemeine Schlußfolgerungen: Stark sklerotisierte Pigmentschichten leisten dem Eindringen von DDT-Wirkstoff starken Widerstand. Selbst sehr dicke Hauptlagen dagegen sind für dieses Kontaktinsektizid keine unüberwindliche Barriere. Exokutikula und Grenzlamelle sind bei verschiedenen Insektenarten sehr unterschiedlich zusammengesetzte Elemente der Kutikula. Epidermis und Basalmembran sind ohne Einfluß auf die Kontaktgiftwirkung von DDT; so ist beispielsweise die Durchlässigkeit des Integumentes für DDT genau die gleiche im Falle von Lucilia-Larven mit vollem Darm und mächtig entwickelten, großen Epidermiszellen und von Diapauselarven, deren Kutikulamatrix bis auf die der Endokutikula eng angeschmiegten Zellkerne und ganz geringe Plasmareste vollkommen eingeschmolzen ist. Dieser Ansicht stehen die jüngsten Mitteilungen von Sternburg und Kearns entgegen, wonach gerade die Epidermis der Ort des Abbaues von DDT zu DDE und das einzige Gewebe des Fliegenkörpers sein soll, in dem sich DDT nachweisen läßt.

Der Bau der Epikutikula

Beim Studium der neueren Literatur über DDT und den Bau der Arthropodenkutikula fielen mir u. a. folgende Zusammenhänge auf: Die tropische Raubwanze Rhodnius prolixus Stål. trägt über den epikutikularen Wachsen eine in kaltem Chloroform unlösliche Zementschichte (Wigglesworth 1947 b). Eine ähnliche Zementschichte hat Lees (1947) bei der Argaside Ornithodorus gefunden. Die Ixodiden dagegen haben an der Oberfläche der Epikutikula in Fettlösungsmitteln leicht lösliche Lipoide („Wachsschichte"). Rhodnius und Ornithodorus sind gegen DDT resistent, Ixodes dagegen empfindlich (Busvine und Barnes 1947). Auch die Epikutikula der resistenten Periplaneta trägt eine Zementschichte (Kramer und Wigglesworth). Vielleicht findet unter diesem Gesichtspunkt auch die DDT-Resistenz der Tetranychiden eine Erklärung. Ich habe daher versucht, eine ähnliche Korrelation an meinen Versuchstieren nachzuweisen. Eine zusammenfassende Darstellung bietet Tabelle 5.

Carausius morosus. Hautsinnesorgane und Haarporenmembranen erscheinen in den Präparaten als Orte erhöhter Reduktion. Nach Kochen in Chloroform sind derartige Integumentstellen oft von konzentrischen, schwarzen Ringen umgeben. Die mechanisch gescheuerten Integumentpartien zeigen tiefschwarze Färbung; an vielen Stellen der Oberfläche befinden sich schwarze Punkte, von einer großen Zahl feiner, schwarzer, konzentrischer Kreise nach Art der Liesegang'schen Ringe umgeben. Es besteht wohl kein Zweifel, daß an diesen Stellen Material durch die Kutikula nach außen dringt und sich ringsum über die Oberfläche des Integumentes ergießt. Nicht mit Chloroform vorbehandelte Integumente reagieren schwach bis mittelstark. Man kann also annehmen, daß die die Polyphenole überlagernden Lipoide nur eine sehr dünne Schichte bilden. Die Untersuchung frisch gehäuteter Individuen müßte zeigen, ob diese auch ohne Chloroformbehandlung reduzierenden Körperstellen Orte natürlicher Abrasion sind oder von Anfang an keine Lipoide tragen.

Periplaneta orientalis. Die Cuticulae der Imagines der beiden Geschlechter verhalten sich gleich.

Pyrrhocoris apterus. Nach Behandlung mit kaltem Chloroform hat nur das 3. Larvenstadium in einigen Präparaten ganz schwache positive Reaktion gegeben. Nach Kochen in Chloroform beobachtet man an der Oberfläche der Epikutikula eine leichte graue Verfärbung. Die Feuerwanze scheint eine sehr resistente Zementschichte zu besitzen.

Tenebrio molitor. Eine Zementschichte ist bei der Tenebrio-Larve sicher nicht vorhanden. Allerdings dürfte die Epikutikula der jungen Larvenstadien gegenüber der der erwachsenen höher polymerisiert sein, was bei der Reaktion nach Einlegen in kaltes Chloroform besonders deutlich wird. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Puppen. Bei Einlegen nicht chloroformbehandelter Tiere in die Silberlösung dunkeln nur die Stellen natürlicher Abrasion am Mehlwurmkörper. Es sind in der Regel Kratzer und ähnliche Formen mechanischer Verletzung.

Melasoma saliceti. Die Angaben der Tabelle beziehen sich nur auf die weichen Integumentpartien. Auf den Skleriten keine Reaktion. Die Reaktion ist gleich bei L3 unmittelbar nach der Häutung und bei Larven vor der Verpuppung. Eine accessorische Zementschichte wird also nicht abgelagert.

Leptinotarsa decemlineata. Alle untersuchten Entwicklungsstadien verhalten sich gleich (weiche Integumentpartien; die lateralen Sklerite geben keine Reaktion). Nach mechanischer Abscheuerung schwärzt sich auch die Epidermis stark und im ganzen Querschnitt finden sich punktförmige Reduktionsorte. Keine Zementschichte.

Ephestia kuehniella. Keine Zementschichte. An den Abrasionspräparaten wieder zahlreiche schwarze Punkte und Flecke, von mehreren mehr oder weniger zarten, dunklen Ringen umgeben (vgl. Carausius!).

Musca domestica. Die Verhältnisse bei den Integumenten der bisher besprochenen Arten sind, wie bereits hervorgehoben wurde, auf die Fliegenlarven nicht ohne weiteres übertragbar. Beim 3. Larvenstadium wechselt, wie aus der verschieden starken Reaktion nach mechanischer Scheuerung ersichtlich ist, der Gehalt der äußeren Partien der Epikutikula an reduzierenden Substanzen mit zunehmendem Alter. Auf mechanische Scheuerung reagiert die Kutikula älterer L3 mit Sklerotisierung. Nach den vorliegenden Befunden scheinen die epikutikularen Lipoide der erwachsenen Musca-Larve schwach bis mittelstark polymerisiert. Ob im Falle der Muscidenlarven darüber hinaus epikutikulare Zementschichten vorhanden sind, bedarf noch weiterer Untersuchungen.

Lucilia caesar. Die Verhältnisse liegen ähnlich wie bei Musca. Der Gehalt der Epikutikula an reduzierenden Stoffen ist ziemlich konstant. Ihre Freilegung durch Chloroform bereitet aber ungleich mehr Schwierigkeiten als bei Musca. Die Lipoide der Epikutikula scheinen in hohem Grade gebunden.

Calliphora erythrocephala. Polymerisationsgrad der epikutikularen Lipoide ähnlich wie bei Lucilia. Der Gehalt an reduzierenden Stoffen ist gering.

Sarcophaga carinaria. Es sind sehr viel reduzierende Stoffe vorhanden. Unter Berücksichtigung der von Dennell (1946, 1947) mitgeteilten Ergebnisse dürfte es sich bei den hier beschriebenen Silberniederschlägen wohl um eine Reaktion der in der „äußeren Epikutikula" lokalisierten Phenole handeln. Der Polymerisationsgrad der äußeren epikutikularen Lipoide ist hoch. Reduktionsorte in der Exo- und Endokutikula und in der Epidermis wurden nicht gefunden.

Eristalis tenax. Einzelne Eristalis-Larven wiesen nach Silberbehandlung ohne Chloroformeinwirkung leichte natürliche Beschädigungen der Epikutikula auf (Kratzer). Ihr Verhalten glich im übrigen dem der erwachsenen Larven von Sarcophaga.

Bibio hortulanus. Die natürliche Abrasion war verhältnismäßig gering. Epikutikulare Lipoide frei, bzw. keine Zementschichte. In den Schnittpräparaten fand ich die dichtesten Silberniederschläge zwischen den stärker sklerotisierten buckelförmigen Erhebungen.

Nach diesen Untersuchungen kommt der Natur der epikutikularen Lipoide primäre Bedeutung für die Permeabilität des Integumentes für DDT zu; den Wachsschichten aufgelagerte Zemente und starke Polymerisation der fettartigen Substanzen hemmen die Durchlässigkeit.

Eine mächtig entwickelte Endokutikula (Bibio) ist ein bedeutend geringeres Hindernis als eine Zementschichte (Pyrrhocoris) oder ein hoher Polymerisationsgrad der epikutikularen Lipoide. Die Integumente der gegen DDT verschieden kontaktempfindlichen Geschlechter von

Tabelle 5

Der Bau der Epikutikula verschiedener Insektenarten und Entwicklungsstadien und seine Beziehung zur Permeabilität der Kutikula für DDT

Tierart	Entwicklungsstadium und Geschlecht	Argentaffine Reaktion nach [1])				Lokalisation des Silberniederschlages im Schnittpräparat [3])	Permeabilität der Kutikula
		mechanischer Scheuerung [2])	Einlegen in $CHCl_3$ kalt, 5' [2])	Kochen in $CHCl_3$, 5' [2])	unbehandelt		
Carausius morosus	L 1—L 5	+++	+++	+++	+	Epikutikula, zerstreute punktförmige Reduktionsstellen in der übrigen Kutikula; Epidermiszellen stark geschwärzt	1
	L 6	+++	++	+++	+		2
	I	+++	+	++	(+)		2
Periplaneta orientalis	Männchen	++	–	(+)	–	Epikutikula	3
	Weibchen	++	–	(+)	–		5
Pyrrhocoris apterus	L 3	++	(+)	(+)	–	äußere Oberfläche der Epikutikula	3—4
	L 4—I	++	–	(+)	–		3—4
Tenebrio molitor	L 10 mm	+++	+	++	–	Epikutikula	2
	L erwachsen	+++	+++	+++	–		3
	P 4 Tage alt	+++	+	++	–		2 (?)
Melasoma saliceti	L 3 kurz nach der Häutung	+++	+++	+++	–	Epikutikula	2
	L 3 erwachsen	+++	+++	+++	–		3—4

Leptinotarsa decemlineata	L 3	+++	+++	+++	–	Epikutikula; nach mechanischer Scheuerung punktförmige Reduktionsstellen in der übrigen Kutikula, Epidermis schwarz	1
	L 4 soeb. gehäut.	+++	+++	+++	–		1 od. 1–2
	L 4 5 Tage nach der Häutg. u. P 5 Tage alt	+++	+++	+++	–		2–3
Ephestia kuehniella	L 5	++	++	+++	–	Epikutikula	1
Musca domestica	L 3 jung (12 mg)	++	++	+++	–	„äußere Epikutikula"; zerstreute punktförmige Reduktionsstellen in der übrigen Kutikula und in den Epidermiszellen	1
	L 3 erwachsen, Darm voll	+	+	++	–		2–3
	L 3 Darm leer	+	+	++	–		3
Lucilia caesar	L 2 (5 mg)	++	+	++	–	wie bei Musca	2–3
	L 3 jung (15 mg)	++	(+)	+	–		3–4
	L 3 erwachsen, Darm voll u. leer	++	–	(+)	–		4
Calliphora erythrocephala	L 3 jung (34 mg)	+	(+)	+	–	wie bei Musca	3–4
	L 3 erwachsen (92 mg)	(+)	–	(+)	–		4
Sarcophaga carinaria	L 3 jung (26 mg)	+++	++	++	–	„äußere Epikutikula"	4
	L 3 100 mg	+++	(+)	(+)	–		4–5
	L 3 Darm leer	++	–	–	–		5
Eristalis tenax	L erwachsen	++	–	–	–	äußerer Teil der Epikutikula	5
Bibio hortulanus	L erwachsen	+++	++	+++	–	Epikutikula	1–3 (?)

[1]) Es wurden die ganzen Tiere in die Silberlösung gelegt.

[2]) Die Intensität der Reaktion an den untersuchten Integumentpartien (abdominale Rückenhaut) wird durch die Zahl der Kreuze ausgedrückt: (+) = schwach, + = mittel stark, ++ = stark, +++ = sehr stark.

[3]) Paraffin- oder Gefrierschnitte, Glyzerineinschluß.

Periplaneta dagegen reagieren in der Silberlösung gleich. (Sie unterscheiden sich auch nicht in ihrer Reaktion im Injektionsversuch). Es bleibt in diesem Falle nur die verschiedene Zahl der Hautdrüsen zur Erklärung der unterschiedlichen Permeabilität des Integumentes. Die Lipoide früher und jüngerer Larvenstadien sind in der Regel weniger polymerisiert als die später und älterer. Damit ist der experimentelle Beweis für diese hypothetische Annahme von Wiesmann (1949) erbracht. Eine Ausnahme scheint der Mehlwurm zu bilden, dessen frühe Larvenstadien trotz gleichem Gehalt an reduzierenden Substanzen eine viel schwächere argentaffine Reaktion aufweisen als erwachsene Larven. Die junge Larve des 3. Stadiums von Sarcophaga gibt eine stark positive Reaktion bei relativ undurchlässiger Kutikula und fällt damit etwas aus der Reihe. Vielleicht ist der unter den Polyphenolen gelegene Cuticulinkomplex stark kondensiert und dadurch eine Barriere für DDT. Es ist immerhin auffällig, daß die bei allen anderen Entwicklungsstadien der hier untersuchten Fliegenlarven nachweisbaren zerstreuten, punktförmigen Reduktionsstellen in den inneren Schichten der Kutikula und die Schwärzungen der Epidermis gerade bei Sarcophaga vollkommen fehlen. Dieser Fall erinnert immerhin daran, daß auch die Natur tiefer gelegener epikutikularer Komplexe auf die Durchlässigkeit des Integumentes für DDT Einfluß haben kann.

c) Porenkanäle

Dennell (1946) hat gezeigt, daß die Porenkanäle der Kutikula junger Larven von Sarcophaga falculata im 3. Stadium cytoplasmatische Filamente enthalten, während die entsprechenden Strukturen älterer Larven chitinisiert sind. Nun erwiesen sich in eigenen Versuchen gerade die jungen L 3 von Sarcophaga carinaria gegenüber den vollkommen resistenten erwachsenen Larven DDT-kontaktempfindlich. Es lag daher nahe, der Natur der Porenkanalinhalte einen Einfluß auf die Permeabilität des Integumentes für DDT zuzuschreiben und diese Strukturen näher zu untersuchen. Ich hielt mich dabei methodisch eng an die Angaben von Dennell.

Das Urteil über die Bedeutung der Porenkanäle für die DDT-Durchlässigkeit der Kutikula schien bereits nach den ersten Versuchen mit der Musca- und der Sarcophaga-Larve gesprochen. Zum Vergleich wurden erwachsene Tiere verwendet, die sich in der Permeabilität ihres Integumentes stark unterscheiden. Beide Arten boten nach Zusatz von Jodlösung und Schwefelsäure das gleiche Bild: Die Porenkanäle sind deutlich tiefer violett gefärbt als die sie umgebende Endokutikula. Ihre im oberen Drittel gegabelten Äste erreichen vielfach den äußeren Rand der Schnitte. Das spricht vielleicht für die Dennell'sche Auffassung von der doppelten Epikutikula. Es hat den Anschein, als seien die beiden äußeren Schichten der Mallory-Präparate durch die Behandlung mit der Lauge weggelöst worden. Im Gegensatz zu den Befunden von Dennell fand ich diese chitinisierten Porenkanäle im ganzen Querschnitt der Kutikula der voll erwachsenen Larven von Musca domestica und Sarcophaga carinaria. In allen übrigen Einzelheiten glichen die mikroskopischen Bilder dieser Präparate völlig den von Dennell veröffentlichten Mikrophotogrammen, so daß ich auf ihre Wiedergabe verzichten kann. Die gleichen Resultate erhielt ich mit jungen, 12 mg schweren Musca- und 26 mg schweren Sarcophaga-Larven. Es können also sehr verschieden DDT-durchlässige Integumente chitinisierte Porenkanäle enthalten.

Über das Ergebnis der Untersuchungen der Porenkanalinhalte der übrigen Arten und Entwicklungsstadien läßt sich zusammenfassend aus-

sagen, daß auch hier eine Beziehung zwischen der Natur der Porenkanäle und der Durchlässigkeit für DDT nicht erkennbar war. Cytoplasmatische Filamente konnten in den Porenkanälen nicht gefunden werden. Stark chitinisierte Porenkanalinhalte besitzen die Integumente

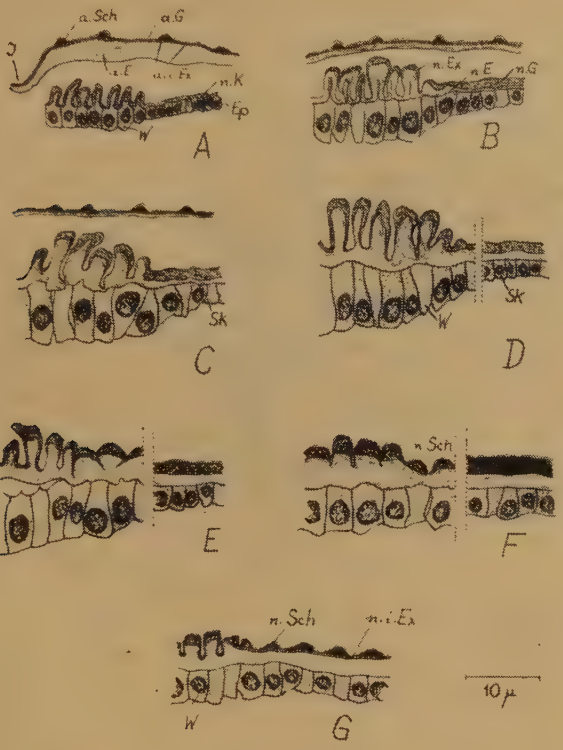


Abb. 9. Ablagerung der neuen Kutikula während der 2. Larvenhäutung von Melasoma saliceti Wse. (Nach Paraffinlängsschnitten gezeichnet. Fix.: Flemming ohne Eisessig. Dreifachfärbung nach Mallory.)
A = L 2, 12 Stunden vor der Häutung; B = L 2, 6 Stunden vor der Häutung; C = L 2, 2 Stunden vor der Häutung; D = L 3, unmittelbar nach der Häutung; E = L 3, 4½ Stunden nach der Häutung; F = L 3, 12 Stunden nach der Häutung; G = L 3, 24 Stunden nach der Häutung. I = Intersegmentalhaut der alten Kutikula, a (vorgesetzt) = alte Kutikula. G = Grenzlamelle, i. Ex. = innere Schichte der Exokutikula, Sch = pigmentierte Schollen der Exokutikula, E = Endokutikula, n (vorgesetzt) = neue Kutikula, K = Kutikula, Ep = Epidermis, W = Teil der Wachstumszone, Ex = Exokutikula, Sk = Randpartie eines Sklerites.

der Larven des 3. Stadiums von Sarcophaga carinaria, Musca domestica und wahrscheinlich auch die Kutikula der Raupen des 5. Stadiums von Ephestia kuehniella.

d) Histologische Veränderungen im Integument während des Häutungszyklusses

Rhythmische Veränderungen im Aufbau der Kutikula sind besonders durch die Häutungszyklen gegeben, die sich bei vielen Insekten in prägnanter Weise über das gesamte Larvenleben erstrecken. Über die dabei auftretenden äußerlich sichtbaren Erscheinungen wurde an anderer Stelle am Beispiel der Melasoma-Larve berichtet (Böhm 1951). Die parallel dazu ablaufenden histologischen Veränderungen im Integument sind in Abb. 9 dargestellt.

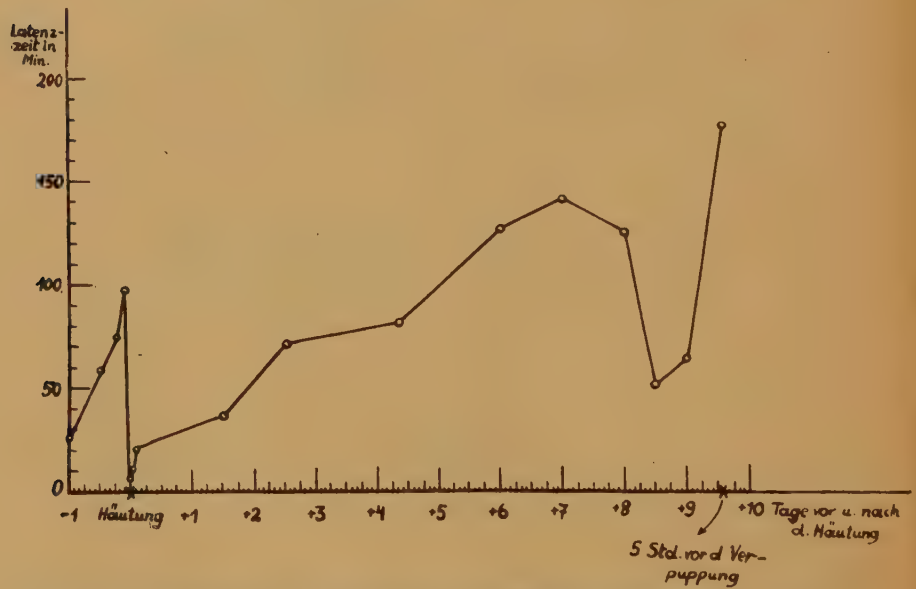


Abb. 10. Diagramm der Latenzzeiten von Melasoma saliceti L 2 und L 3 bei DDT-Kontaktbegiftung.

Die Sklerite werden bereits unter der alten Larvenhaut in ihrer gesamten Ausdehnung angelegt. Dazwischen liegen relativ schmale Abschnitte besonderer Epidermisaktivität, mit sehr hohen Epidermiszellen. Man kann sie gewissermaßen als Wachstumszonen der während der ganzen Lebenszeit des 3. Larvenstadiums an Fläche stark zunehmenden weichen Integumentpartien betrachten. Diese Vergrößerung der weichen Hautpartien beruht nun weder auf bloßer mechanischer Dehnung noch auf Glättung einfacher Falten (die basalen Teile der in Abb. 9 B dargestellten Falten der neuen Kutikula verschmelzen miteinander, wie die folgenden Entwicklungsstufen zeigen), sondern auf einem Wachstum der Kutikula, unter ständiger Substanzzugabe durch die Epidermiszellen der Bildungszonen. Die unter den Skleriten gelegenen Epidermiszellen liefern dagegen nur Material für das Dickenwachstum der Kutikula.

Eine Relation dieser Verhältnisse zur Kontaktgiftwirkung von DDT ergibt sich am klarsten durch Vergleich mit den in Abb. 10 dargestellten

Latenzzeiten. Das ist insoferne berechtigt, als die „innere Empfindlichkeit" der untersuchten Entwicklungsstadien gegenüber DDT nur relativ geringen Schwankungen unterworfen ist, wenn man von einer kurzen empfindlichen Periode zur Zeit des Festsetzens der Larven vor der Verpuppung absieht Die Grenzlamelle sämtlicher in dieser Versuchsreihe verwendeter Larvenstadien verhält sich gegen die Fettfarbstoffe Sudan III und Sudan Schwarz B gleich.

Ganz ähnliche Verhältnisse in bezug auf das Dickenwachstum der Endokutikula konnten bei der Larve von Leptinotarsa nachgewiesen werden.

Diese Ergebnisse können noch durch folgende Beobachtungen an zwei weiteren Insektenarten ergänzt werden.

Carausius morosus. Larven des 1. Stadiums wurden dorsal abdominal mit 1%iger DDT-Ätherlösung begiftet (100 mg techn. DDT/kg Körpergewicht). Die Latenzzeit normaler L1 beträgt 29—57 Minuten. Bei Larven des 1. Stadiums, die wenige Stunden vor der Häutung standen, wurden Latenzzeiten von 65—130 Minuten gemessen.

Tenebrio molitor. Bei 20 mm langen Tenebrio-Larven, die kurz vor der Häutung standen, wurden nach dorsaler, lokaler Applikation folgende Latenzzeiten beobachtet: 110, 118, 125, 130 und 140 Minuten. Frisch gehäutete Larven lieferten folgende Werte: 20 mm lange Tiere: 1—2 Minuten (gegenüber 18—34 Minuten bei ausgefärbten Tieren); 29 mm lange Tiere (erwachsen): 7—8 Minuten (gegenüber 49—65 Minuten bei ausgefärbten Larven). An frisch gehäuteten Puppen konnten Latenzzeiten von 41—80 Sekunden festgestellt werden, gegenüber 10—15 Minuten bei 1 Tag alten Exemplaren.

Schnitte durch die Integumente frisch gehäuteter Tenebrio-Larven zeigten folgendes Bild (Mallory): Terga 20 mm langer Tiere: Epikutikula 2 µ (hell amberfarbig), Exokutikula 19 µ (rot), keine Endokutikula; Epidermis 22,8 µ. Erwachsene Mehlwürmer: Exokutikula 24,3 µ, keine Endokutikula (blau), außer als Füllsubstanz zwischen den exokutikularen Kegelbildungen der Intersegmentalhäute; Epidermis 23 µ.

Ähnliche Ergebnisse lieferten Versuche mit frisch gehäuteten Larven und Imagines von Periplaneta orientalis.

Die durch die Häutungszyklen bedingten histologischen Veränderungen im Integument sind also ebenfalls von Bedeutung für die Durchlässigkeit der Kutikula. Der bei den sich zur Häutung vorbereitenden Larven vorhandene doppelte Hautpanzer hemmt die Permeabilität für DDT. Frisch gehäutete Tiere sind sehr DDT-kontaktempfindlich; als Ursachen sind Mangel an Sklerotisierung und Fehlen der Endokutikula anzusehen.

D. Die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Kutikula

a) Permeabilität

Die Durchlässigkeit der Kutikula für DDT ist zunächst als Arbeitshypothese angenommen worden. Ein erster Beweis dafür wurde durch den Nachweis von DDT im Insektenkörper zu erbringen versucht. In weiteren Experimenten wurde die Permeation von DDT durch die Insektenkutikula im Dialyseversuch verfolgt. Dazu bedurfte es vorher der Klärung einiger Nebenprobleme. Das bedeutendste war das der Durchlässigkeit der Insektenkutikula für DDT-Lösungsmittel.

Nach Bredenkamp durchdringen fette Öle die Kutikula nicht, leicht dagegen dringen Äther und Alkohol durch das Integument in den Insektenkörper ein. Die von O'Kane, Glover, Blickle und Parker (1940)[1]) dargestellten Permeationsversuche, nach denen Öle das Pronotum der Küchenschabe (Periplaneta americana) durchdringen, haben Richards

[1]) Vgl. Ref. in Pflanzenschutzber. 2, 1948, 29.

und Anderson (1942) kritisch beleuchtet. Die letztgenannten Autoren haben gezeigt, daß der Wassergehalt der Kutikula in derartigen Versuchen von großer Bedeutung ist. Neuerdings hat Skvortzov (1946) die Permeation von Äther und Chloroform durch die Kutikula von Larven von Musca domestica nachgewiesen.

Permeation von Wasser, Essigsäure, Lipoidlösungsmitteln und fetten Ölen durch die Kutikula von Fliegenlarven

In einer Überprüfung der von Skvortzov beschriebenen Experimente ergab sich, daß Äther, Azeton und Chloroform die Kutikula von Fliegenlarven in Dampfform durchdringen. Narkotika (Äther, Azeton, Chloroform, Alkohol absolutus) permeieren als Flüssigkeiten ebensowenig wie die fetten Öle. Wasser dagegen vermag die Haut cyclorrhapher Dipterenlarven langsam zu durchdringen. Diese Integumente bilden daher in ihrer Gesamtheit mehr hydrophile als lipophile Systeme. Im Zusammenhang damit wird die Existenz weiterer, bisher unberücksichtigter Faktoren angenommen, die dem lipophilen DDT den Weg in den Insektenkörper erleichtern. Nach Chloroformextraktion sind die Häute der Musca-Larven viel weniger wasserundurchlässig als die der stärker DDT-kontaktresistenten Fleischfliegenlarven, deren Permeabilität für Wasser bei dieser Behandlung unverändert bleibt. 20%ige Essigsäure durchdringt die Kutikula der Musca-Larven leichter als die der Lucilia-Larven. Wasser und Essigsäure permeieren leichter in Richtung Epikutikula → Endokutikula als umgekehrt.

Permeation von p,p'-DDT durch die Kutikula von Fliegenlarven

Methode: Die Permeationssysteme wurden in DDT-Azetonlösungen verschiedener Konzentration eingestellt. Die Permeationsröhren wurden nicht gefüllt, nachdem Vorversuche gezeigt hatten, daß der einseitige Druck der DDT-Azetonlösung auf das Ergebnis der Versuche nur geringen Einfluß hat. Das in die Kapillaren eingedrungene DDT wurde mit fein ausgezogenen Pipetten mittels Azeton ausgewaschen und im Fliegentest auf den Insektizidgehalt getestet. Dabei hat es sich als notwendig erwiesen, pro Fliegentestschale die permeierte Wirkstoffmenge von 5 Kapillaren zu verwenden, was einer Membranfläche von ungefähr 15,7 qmm entspricht.

Über den Einfluß der Natur des Trägermittels orientiert folgender Versuch. Es wurde eine 1%ige Lösung von techn. DDT in Azeton mit 25% Wassergehalt hergestellt. Während bei normaler DDT-Azetonlösung nach 36 Stunden durch Musca-Häute etwa 50 γ Wirkstoff permeierten, ergab der Fliegentest nach Permeation wasserhältiger DDT-Azetonlösung für den gleichen Zeitraum 120 γ. Dieses Ergebnis steht in guter Übereinstimmung mit einer schon früher anläßlich der Untersuchung des Einflusses der Trägermittel auf die DDT-Kontaktempfindlichkeit von Stubenfliegenlarven gemachten Beobachtung, nach der Azeton dem Insektizid den Weg durch das Integument zu erleichtern scheint.

Die Ergebnisse der Permeationsversuche sind in den Tabellen 6 bis 8 zusammengefaßt.

Tabelle 6

Permeation einer 10%igen Lösung von technischem DDT in Azeton durch die Kutikula verschieden DDT-kontaktempfindlicher, erwachsener Fliegenlarven.[1]) Permeationsdauer 12 Stunden

Art der Membran	Natur der Membran	Latenzzeit im Kontaktversuch	permeiertes DDT in γ	
			Mittelwert[2])	Grenzwerte
Musca domestica	frisch[3])	23–37′	210	160, 290
	frisch, invertiert[4])		ca 70	<50, 120
Lucilia caesar	frisch	18–29 h	100	80, 130
	frisch, invertiert		<50	—
Sarcophaga carinaria	frisch	—	<50	—
	frisch, invertiert		—	—

[1]) Darm leer.
[2]) Aus 5 Einzelversuchen.
[3]) Hauptlage nach innen.
[4]) Hauptlage nach außen.

Tabelle 7

Permeation einer 10%igen Lösung von technischem DDT in Azeton durch die Kutikula der erwachsenen Musca-Larve[1]) nach Lipoidextraktion[2]) und Chitinaufschluß durch Kalilauge nach Campbell. Permeationsdauer 12 Stunden

Natur der Membran	permeiertes DDT in γ	
	Mittelwert[3])	Grenzwerte
frisch	210	160, 290
5 Minuten in Chloroform gekocht	<50	—
Chitinaufschluß nach Campbell	ca 170	<50, 250

[1]) Darm leer.
[2]) Behandlung der Häute mit kochendem Chloroform (5 Minuten).
[3]) Aus 5 Einzelversuchen.

Tabelle 8

Permeation einer 10%igen Lösung von technischem DDT durch die Hülle der Puparien verschiedenen Alters von Musca domestica

Nr. d. Vers. Serie	Art der Membran	Natur d. Membran	Permeationsdauer in Stunden	Anzahl der Systeme pro Fliegentest	Permeiertes DDT in γ	
					Mittelwert [1]	Grenzwerte
1	Weiße Puppe	frisch	12	1	—	—
	" "		12	5	<50	—
	" "		60	5	270	120, 310
	1h nach der Pupation		12	5	—	—
	2h " " "		12	5	—	—
	5—24h " "		12	5	—	—
	48—60h " "		12	5	—	—
2	Weiße Puppe	5′ in $CHCl_3$ gekocht	12	5	—	—
	2h nach der Pupation		12	5	—	—
	48—60h " "		12	5	—	—
	Weiße Puppe		60	5	120	60, 140
	1h nach der Pupation		60	5	ca 70	<50, 100
	2h " " "		60	5	<50	—
	5—24h " "		60	5	— [2]	—
	48—60h " "		60	5	—	—
3	Weiße Puppe	KOH-Behandlung nach Campbell	12	5	—	—
	2h nach der Pupation		12	5	—	—
	48—60h " "		12	5	—	—
	Weiße Puppe		60	5	160	50, 300
	2h nach der Pupation		60	5	ca 130	<50, 260
	48—60h " "		60	5	<50	—

[1] Aus 5 Einzelversuchen.

[2] In 2 Versuchen ganz schwache Reaktion der Fliegen.

Aus diesen Übersichten lassen sich folgende allgemeine Sätze ableiten:

In Lipoidlösungsmitteln gelöstes DDT durchdringt die Kutikula von Fliegenlarven. Die Menge an permeiertem Wirkstoff ist abhängig von der Art des Trägerstoffes und wahrscheinlich in direktem Verhältnis von der Permeationsdauer und der Konzentration der Lösung.[1]) Bei Verwendung von wasserhältigem Azeton permeieren größere Mengen von DDT als bei einer Lösung von DDT in wasserfreiem Azeton. Die Häute der DDT-kontaktresistenten Fliegenlarven (Lucilia, Sarcopharga) lassen weniger DDT hindurch als die der verhältnismäßig empfindlichen Musca-Larve, ein schöner Beweis für die Richtigkeit der aus den Kontakt- und Injektionsversuchen erschlossenen Permeabilitätsunterschiede. Gleich wie Wasser durchdringt auch DDT die Kutikula viel leichter in Richtung Epikutikula → Endokutikula als umgekehrt. Lipoidextraktion durch kochendes Chloroform macht die Häute der Musca-Larven für DDT weitgehend undurchlässig. Behandlung der Kutikula durch Kalilauge nach Campbell resultiert in sehr schwankenden Werten für die permeierten DDT-Mengen, die zwischen denen chloroformextrahierter und frischer Häute liegen. Sklerotisierte Membranen (Puparien von Musca verschiedenen Alters) sind für DDT viel weniger permeabel als unsklerotisierte Integumente. Dabei bereiten bereits schwach sklerotisierte Häute (weiße Puppe!) dem Eintritt dieses Insektizids in den Insektenkörper große Schwierigkeiten. Lipoidextraktion und Behandlung der Puparien durch Kalilauge nach Campbell erhöht die Undurchdringlichkeit dieser Cuticulae für DDT. Man könnte daher annehmen, daß reines Chitin für DDT verhältnismäßig undurchlässig ist. Doch sei dieser Gedanke nur mit großer Vorsicht ausgesprochen: hier werden Fragen aus dem Gebiet der physikalischen Chemie berührt, auf die in diesem Rahmen nicht näher eingegangen werden kann. Immerhin ist beachtlich, daß die Extraktion einer für den stofflichen Aufbau der Kutikula integrierenden Komponente (Protein) die Permeabilität für DDT nicht erhöht.

Es fiel auch auf, daß die Unterschiede der permeierten DDT-Mengen bei normalen und chloroformextrahierten Puparien geringer waren als in ähnlichen Versuchen mit Larvenhäuten. Die argentaffine Reaktion, auf verschiedene Stadien während der Puparienbildung angewendet, verlief nach Kochen in Chloroform schwach positiv bei halb kontrahierten Larven und praktisch negativ bei „weißen Puppen" und späteren Entwicklungsstadien, obwohl besonders die helleren Puparien nach mechanischer Scheuerung noch deutlich reagierten. Es dürften daher gleichzeitig mit der Sklerotisierung Kondensationsvorgänge in der Epikutikula einsetzen, die die Natur der Lipoide verändern.

b) Adsorbtionsvermögen

An dieser Stelle seien zwei Beobachtungen mitgeteilt, die mit unseren Kenntnissen über die mizellare Struktur der Kutikula in gutem Einklang stehen.

[1]) Die zu letzterem Ergebnis führenden Versuche wurden hier nicht dargestellt.

Hygroskopizität.

Die getrocknete Kutikula der Fliegenlarven ist sehr stark hygroskopisch. Diese Hygroskopizität gleicht größenordnungsmäßig ungefähr der von feinkörnigem Silikagel. Ein Einfluß der epikutikularen Lipoide auf das Wasseraufnahmevermögen dieser Häute konnte nicht festgestellt werden.

Adsorption von p,p'-DDT

Versuchsreihe I: Nach DDT-Kontaktbehandlung schwer gelähmte, erwachsene Mehlwürmer wurden mit Azeton gründlich gewaschen, um alle äußerlich anhaftenden Wirkstoffspuren zu entfernen, Vorder- und Hinterende wurden in geschmolzenes Paraffin getaucht und auch die Stigmen durch Paraffin verschlossen. Je 10 derartig präparierte Larven wurden in einer Petrischale mit Fliegen zusammengesperrt. Nach 4—7 Stunden traten bei den Fliegen die ersten DDT-Vergiftungssymptome auf. Ähnlich reagierten Fliegen, die über eingegipsten Mehlwürmern, von denen nur ein Teil der Terga freilag, eingesetzt waren. Der Versuch gelang auch mit Kartoffelkäferlarven, die so eingegipst waren, daß nur etwa 10—12 qmm Dorsalintegument vom Gips unbedeckt blieben.

Nach diesen Ergebnissen mußte entschieden werden, ob der Wirkstoff in der Kutikula der Larven beharrlich gespeichert war, ob er allmählich vom übrigen Larvenkörper adsorbiert wurde oder ob er etwa gar aus dem Larvenkörper an die Oberfläche herausdrang.

Versuchsreihe II: Diese Experimente wurden mit nach DDT-Kontaktbegiftung sehr schwer gelähmten, weitgehend bewegungsunfähigen Larven von Tenebrio molitor und Leptinotarsa decemlineata ausgeführt. In einer Versuchsreihe wurden die Fliegen über den eingegipsten Larven unmittelbar nach der Azetonwaschung eingesetzt. Bei Verwendung von 30 Mehlwürmern oder 40 Kartoffelkäferlarven (was einer ungefähr gleich großen Gesamtoberfläche der exponierten Integumente entsprach), betrugen die mittleren Latenzzeiten der aufgesetzten Fliegen 140 und 175 Minuten. In weiteren Versuchen wurden die Fliegen in Abständen von 30 und 60 Minuten, 2, 6, 12 und 24 Stunden nach der Azetonwaschung aufgesetzt. Es wurden folgende mittlere Latenzzeiten für Tenebrio und Leptinotarsa festgestellt: 81 (65) Minuten, 73 (70) Minuten, 87 (97) Minuten, 135 Minuten (5 Stunden), 6½ Stunden (—) und — (—). Diese Werte lassen sich wie folgt erklären: DDT ist in der Kutikula der kontaktbegifteten Larven gespeichert. Unmittelbar nach der Waschung befindet sich an der Oberfläche der Kutikula kein DDT. Innerhalb der nächsten 30 Minuten ergreift der in der Kutikula vorhandene Wirkstoff von dieser ausgelaugten äußeren Integumentpartie wieder Besitz; DDT ist also wieder an der Oberfläche vorhanden. Während der nächsten 24 Stunden erfolgt ein allmähliches Aufsaugen des Insektizids durch den Insektenkörper. DDT verschwindet dabei bedeutend schneller aus der Kutikula der Leptinotarsa-Larve als aus der Mehlwurmkutikula.

Versuchsreihe III: In dieser Versuchsreihe wurde das Speichervermögen der Häute verschiedener Fliegenlarven und der Hüllen der Puparien von Musca nach folgender, in Vorversuchen [1]) festgelegter Standardmethode untersucht: 6 mg, von den anhaftenden Weichteilen sorgfältig befreite Kutikula wurden nach oberflächlicher Trocknung mittels Filterpapier 1 Stunde lang in eine 1%ige DDT-Azetonlösung eingelegt, hierauf 2 Minuten lang [2]) bei viermaligem Wechsel der Flüssigkeit in Azeton gewaschen, getrocknet und in einer Achatschale zerkleinert, bis die durchschnittliche Größe der Hautstückchen etwa 1 qmm betrug. Diese Schnitzel wurden 1 Stunde lang mit 2 ccm Azeton unter zehnmaligem, kräftigem Schütteln innerhalb dieser Periode extrahiert und schließlich Hautstückchen und Extrakt in Petrischalen zum Fliegentest eingegossen. Diese Methode lieferte sehr reproduzierbare Ergebnisse (Tabelle 9).

Der Insektenkutikula ist also ein hohes Adsorptionsvermögen für DDT eigen. Während Richards und Cutkomp (1945) und Lord (1948) vor allem dem Chitin die Fähigkeit der DDT-Adsorption zu-

[1]) Einfluß der Adsorptionsdauer auf den Gehalt der Kutikula von Stubenfliegenlarven an DDT. (Über nähere methodische Angaben vgl. die der Fußnote folgenden Angaben im Text.)

Adsorbtionsdauer in Stunden	Adsorbiertes DDT in γ	
	Mittelwert*)	Grenzwerte
1	100	80, 130
6	190	160, 230
12	360	300, 410
24	410	380, 440

*) 5 Einzelversuche.

[2]) Die gleichen Ergebnisse wurden auch bei 1 oder 3 Stunden langem Waschen erhalten.

Tabelle 9

Adsorption von p,p'-DDT durch Larvenhäute und Puparienhüllen cyclorrhapher Dipteren

Nr. d. Vers.-Serie	Art der Kutikula	Natur d. Kutikula vor der Adsorption	Adsorbiertes DDT in γ	
			Mittelwert[1])	Grenzwerte
1	Musca domestica L3 Darm leer	frisch	100	80, 130
	Sarcophaga carinaria L3 Darm leer		105	80, 135
2	Musca domestica L3 Darm leer	5' in $CHCl_3$ gekocht	95	70, 140
	dto.	KOH-Behandlg. nach Campbell	—	—
3	Musca domestica, Puparium weiße Puppe	frisch	110	75, 140
	1h alt		105	85, 130
	2h alt		ca. 60	< 50, 70
	5–24h alt		< 50	—
	48–60h alt		—	—
4	dto., weiße Puppe	5' in $CHCl_3$ gekocht	125	80, 155
	1h alt		100	75, 160
	2h alt		70	50, 80
	5–24h alt		< 50	—
	48–60h alt		—	—
5	dto., weiße Puppe	KOH-Behandlg. nach Campbell	—	—
	1h alt		—	—
	2h alt		—	—
	5–24h alt		—	—
	48–60h alt		—	—
6	dto., weiße Puppe	48h bei 100° C in einer zugeschmolzenen Glasröhre in 5% KOH[2]) behandelt	—	—
	1h alt		< 50	—
	2h alt		ca. 50	—
	5–24h alt		ca. 60	< 50, 65
	48–60h alt		70	50, 80

[1]) 5 Einzelversuche.

[2]) Diese Methode entfärbt die älteren Puparien nicht vollständig. Es waren folgende Farbabstufungen, den 5 verschiedenen Entwicklungsstadien entsprechend, zu beobachten: farblos, hell bernsteinfarbig, mittel bernsteinfarbig, hellbraun, braun.

schreiben, glaube ich auf Grund der oben dargestellten Experimente sowie unter Berücksichtigung der Mitteilung von Richards und Korda annehmen zu dürfen, daß die Adsorption von DDT im wesentlichen an den intakten Chitin-Protein-Komplex gebunden ist. Leider bewegen wir uns dabei in etwas unsicheren Vorstellungen, da das Verhältnis des Chitin zum Eiweißanteil der Kutikula bis heute noch in keine feste Definition gebracht werden konnte. Bedeutungsvoll erscheint auch die Beobachtung, daß die durch Choroform extrahierbaren Lipoide in den vorstehend beschriebenen Versuchen keine nachweisbare Rolle bei den Adsorptionsphänomen spielten.

Wenn anläßlich der Beobachtung, daß Wasser die Kutikula von Fliegenlarven leichter durchdringt als Fettlösungsmittel oder fette Öle, die Vermutung ausgesprochen wurde, daß es neben dem Permeationsproblem noch andere Faktoren geben müsse, die an der Kontaktwirkung von DDT gegenüber Arthropoden maßgeblich beteiligt sind, ist wohl hier der Ort, auf diese offenen Fragen zurückzukommen. Die hydrophilen Partien der Exo- und besonders der Endokutikula mögen der Permeation des lipophilen DDT wohl ein Hindernis sein. Die spezielle, feinbauliche Struktur der Chitin-Protein-Komplexe aber bietet andererseits dem DDT-Molekül die Möglichkeit, sich in diesem Gerüst aus Eiweiß- und Chitinmizellen zu verankern. Daraus erklärt sich wahrscheinlich auch die zweitrangige Bedeutung der Dicke der Endokutikula wie überhaupt die Erscheinung, daß Insekten trotz sehr dicker Hauptlage (Bibio-Larve!) DDT-kontaktempfindlich sein können.

c) Lipoide

Im Zusammenhang mit der Verwendung von Äther, Azeton und Chloroform als Lösungsmittel für DDT war es wichtig, die Menge an Lipoiden quantitativ zu bestimmen, die diese Fettlösungsmittel aus der Insektenkutikula zu extrahieren vermögen.

Eder (1942) fand in der Insektenkutikula keine meßbaren Mengen ätherlöslicher, sondern nur azetonlösliche Lipoide. Lafon (1941) berichtet, daß das Puparium der Musciden keine meßbaren Mengen äther- oder benzollöslicher Lipoide enthält (Phormia, Lucilia, Calliphora).

Methode: 50 Häute von Stubenfliegenlarven oder 10 Häute von Larven von Sarcophaga carinaria wurden unter dem Binokular sorgfältig von allen anhaftenden Weichteilen befreit und im Vacuum (ca. 50 mm) bei 40° C getrocknet. Einwaage 30—35 mg. Die Extraktion durch Äther, Azeton und Chloroform führte ich zunächst 48 Stunden lang in den Wägegläschen unter zehnmaligem Wechsel der Extraktionsflüssigkeiten durch. Letztere wurden vor ihrer Verwendung nochmals entwässert. Später benützte ich dazu den Mikroextraktor nach Gorbach (1940). Die Wägungen wurden mit einer Mikrowaage durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 zusammengefaßt.

Die Kutikula der Muscidenlarven enthält demnach nur sehr wenig durch Lipoidlösungsmittel extrahierbare Lipoide. Äther löst die größten Mengen an fettartigen Substanzen heraus; dann folgen in der Reihe verminderter Extraktionskraft Chloroform und Azeton. Stärker DDT-durchlässige Integumente zeichnen sich gegenüber schwach permeablen Häuten durch einen höheren Gehalt an extrahierbaren Lipoiden aus.

Tabelle 10

Gehalt der Kutikula von Fliegenlarven an extrahierbaren Lipoiden

Art	Extraktionsmittel	Methode	Gehalt an extrahierbaren Lipoiden in % d. Kut. Gew.
Musca domestica	Äther	Wägegläschen	0·42
	Azeton	„	0·092
	Chloroform	„	0·138
	Chloroform	5' gekocht [1]	0·32
	Äther	nach Gorbach [2]	1·62
	Azeton	„	0·465
	Chloroform	„	0·77
Sarcophaga carinaria	Äther	Wägegläschen	0·12
	Chloroform	„	0·042
	Chloroform	5' gekocht [1]	0·046

[1]) Unter dreimaligem Wechsel des Chloroforms.
[2]) 1 Stunde lang (Gewichtskonstanz).

Weitere histologische Untersuchungen ergaben, daß die in einem früheren Abschnitt an Carausius und Tenebrio dargestellte Färbbarkeit innerer Kutikulaschichten durch Sudan III und Sudan Schwarz B innerhalb der Mannigfaltigkeit der Insektenwelt durchaus kein Sonderfall ist. So wurde eine lipoidhältige Exokutikula auch bei der Larve und der Puppe von Leptinotarsa decemlineata und beim 5. Stadium von Ephestia kuehniella festgestellt. Exo- und Endokutikula der ausgefärbten Puppe von Melasoma saliceti färben sich durch beide Sudanfarbstoffe. Der Grad der Imprägnation der einzelnen Schichtenkomplexe der Kutikula durch Lipoide kann im Laufe der Entwicklung eines Insektes oft bedeutenden Veränderungen unterworfen sein. Die Intensität der Färbungen durch Sudan III und Sudan Schwarz B liefert wichtige Hinweise über die Natur der fettartigen Substanzen. Regeneration der epikutikularen Lipoide wurde an Larven von Melasoma, Leptinotarsa, Musca und Lucilia beobachtet.

Die in den inneren Schichten der Kutikula vorkommenden fettartigen Substanzen erleichtern dem DDT den Weg in den Insektenkörper; sie bilden aber keine Voraussetzung für die Intoxikation bei Kontaktbegiftung.

d) Sklerotin und die übrigen am Aufbau der Insektenkutikula beteiligten Stoffe

Auf die Zusammenhänge zwischen Sklerotisierung und Melaninbildung hat unter den neueren Autoren vor allem Lafon (1943) hingewiesen. Viele Autoren leugnen das Vorhandensein spezieller, an der Härte der Kutikula beteiligter Inkrusten. Gegen ihre Existenz wurde aber bisher kein eindeutiger Beweis erbracht, zumal die typisch harten Integumente noch wenig untersucht sind.

Für das vorliegende Problem wurde bereits erkannt, daß es einer besonders starken Sklerotisierung und Melanisierung gar nicht bedarf, damit eine Kutikula für DDT undurchdringlich wird; es genügen schon die ersten Ansätze dazu, wie sich in einer weiteren Versuchsreihe darstellen ließ (Tabelle 11).

Tabelle 11

Einfluß der Sklerotisierung auf die Durchlässigkeit des Integumentes verschiedener Entwicklungsstadien von Stubenfliegen für DDT während der Bildung des Puparium[1])

Begiftetes Entwicklungsstadium	Latenzzeit	Einfluß der Behandlung auf die weitere Metamorphose					Gesamtzahl der verwendeten Tiere [2])
		tote Larven	Not-verpuppung	ordentliche Puparien	während d. Schlüpf-aktes abge-storben	normal geschlüpfte Fliegen	
L 3 Darm voll	18—27'	50	7	3	—	2	60
L 3 Darm leer	18—24'	40	16	8	—	4	64
L 3 halb kontrahiert	—[3])	—	19	41	16	40	60
Weiße Puppe	—	—	6	54	4	53	60
1h nach der Pupation	—	—	1	59	—	58	60
2h „ „	—	—	2	58	—	58	60
5—24h „ „	—	—	3	57	2	55	60
48—60h „ „	—	—	—	60	—	57	60
K (unbehandelt)	—	—	2	58	1	57	60

[1]) Methode: Es wurden Larven vor und während der Bildung des Puparium mit 1%iger DDT-Ätherlösung lokal dorsal begiftet und der Vergiftungsverlauf, bzw. die weitere Entwicklung der Tiere beobachtet. In einer Schale befanden sich 10 Tiere. Der Boden der Schale war während des ganzen Versuches mit angefeuchtetem Filterpapier ausgelegt.

[2]) 3 Versuchsserien.

[3]) Nicht mehr feststellbar.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle allen zu danken, die mich bei der Erfüllung der mir gestellten Aufgabe unterstützten; vor allem dem Direktor der Bundesanstalt der Pflanzenschutz, Herrn Dozenten Dr. Dipl.-Ing. F. Beran und meinem verehrten Lehrer, Herrn Univ.-Professor Dr. W. Kühnelt. Die experimentellen Untersuchungen wurden in den zoologischen und chemischen Laboratorien des genannten Institutes durchgeführt. Besonderen Dank schulde ich auch Herrn Dr. Fuchs, der mir im chemischen Laboratorium der Bundesanstalt für Pflanzenbau und Samenprüfung die Arbeit mit den Gorbach'schen Mikroextraktoren gestattete.

IV. Zusammenfassung

1. DDT war im biologischen Test in verschiedenen Organsystemen des Insektenkörpers nach Kontaktbegiftung nachweisbar. Es durchdringt das Integument unverändert, und zwar wie Wasser oder Essigsäure leichter in Richtung Epikutikula —➤ Endokutikula als umgekehrt.
2. In den Thorakalganglien DDT-kontaktbehandelter Larven von Tenebrio molitor fanden sich histopathologische Veränderungen an Nervenzellen. Ein Einfluß des DDT auf die Herztätigkeit (Leptinotarsa-Larve) und den pH-Wert der Hämolymphe (Tenebrio-Larve) konnte nicht festgestellt werden.
3. Es wurde versucht, den Einfluß des Integumentes auf die Kontaktgiftwirkung von DDT bei verschiedenen Insektenarten und Entwicklungsstadien zu erfassen und die Durchlässigkeit spezieller Cuticulae für dieses Insektizid abzuschätzen.
4. Von primärer Bedeutung für die DDT-Permeabilität des Insekteninteguments sind neben der Ausbildung spezieller Eintrittspforten im Sinne von Wiesmann die Natur der epikutikularen Lipoide und der Grad der Sklerotisierung. Ferner sind von Einfluß: a) Die relative Dicke der Kutikulapartien, die freie Lipoide enthalten: b) die Dicke der Exo- und Endokutikula.
5. Narkotika durchdringen die Insektenkutikula in gasförmigem Zustand.
6. Es wird angenommen, daß die meisten Integumente in ihrer Gesamtheit mehr hydrophile als lipophile Systeme darstellen.
7. Für die Wirksamkeit von DDT gegen Insekten bildet das Adsorptionsvermögen der Kutikula einen integrierenden Faktor. Zwischen der adsorptiven Kraft der Kutikula für die Wirksubstanz und ihrer chemisch-physikalischen Natur bestehen folgende Zusammenhänge:
   a) Die Speicherung des Insektizids erfolgt im Chitin-Protein-Komplex.
   b) Reines Chitin adsorbiert sehr viel weniger DDT als das natürliche Chitin-Protein-Gerüst.

c) Zunehmende Sklerotisierung vermindert die Adsorptionskraft der Kutikula.

d) Die Lipoide der Kutikula sind ohne Einfluß auf das Adsorptionsvermögen.

8. Der Mechanismus der Permeation von DDT durch die Insektenkutikula läßt sich daher folgendermaßen beschreiben: Das lipophile DDT löst sich in den fettartigen Substanzen der Grenzlamelle und wird dadurch an den Insektenkörper fixiert. Es permeiert sodann durch die übrigen Schichten des Integumentes, wobei es je nach der Natur der Kutikula auf mehr oder weniger großen Widerstand stößt. Im Chitin-Protein-Komplex wird es adsorptiv angereichert.

9. Bei der Herstellung neuer Kontaktinsektizide wird es vielleicht von Nutzen sein, die hydrophilen Eigenschaften der inneren Schichten der Kutikula und die kondensierten Systeme der polymerisierten Lipoproteine der Grenzlamelle und der gegerbten Proteine der Exokutikula besonders zu beachten.

10. Es resultierten folgende Nebenergebnisse:

a) Fettartige Substanzen kommen bei manchen Insektenarten auch in den inneren Schichten der Kutikula vor.

b) Die Natur der Epikutikula variiert bedeutend bei verschiedenen Arten und Entwicklungsstadien.

c) Im Gegensatz zu anderen Insektenskeletten enthalten die Häute der Muscidenlarven mehr äther- als azetonlösliche Lipoide.

d) Stark chitinhältige Porenkanalinhalte besitzen die Integumente der dritten Larvenstadien von Musca domestica, Sarcophaga carinaria und wahrscheinlich auch die Kutikula der Raupen des fünften Stadiums von Ephestia kuehniella. Cytoplasmatische Filamente fanden sich bei keiner der untersuchten Arten.

e) Getrocknete Cuticulae von Fliegenlarven sind sehr hygroskopisch.

V. Summary

1. After contacting living insects with insecticidal DDT-films various organs of the insect body showed DDT in the biological test. Unaltered it permeates the integument, easier in the direction epicuticle —➤ endocuticle than in the oppisite direction.

2. After contact with DDT histopathological changes were observed in nerve cells in sections of the thoracic ganglia of larvae of Tenebrio molitor. DDT does not influence the heart contraction frequence (larvae of Leptinotarsa) and the pH-value of the haemolymph (larvae of Tenebrio).

3. An attempt was made to appraise the DDT-permeability of particular cuticles by determining the influence of the integument on the action of DDT as a contact insecticide.

4. Besides the presence of the so-called „Eintrittspforten" (Wiesmann), the nature of the lipoids of the epicuticle and the degree of hardening and darkening of the cuticle are of primary importance for the permeability of the insect integument. Furthermore the relative thickness of the layers impregnated by free lipoids and the total thickness of the exocutile and endocuticle influence the permeability.

5. Gaseous narcotics are able to permeate the insect cuticle.

6. Most integuments as a whole appeare to be rather hydrophilic than lipophilic systems.

7. The sorption of the insecticide by the cuticle is essential for the specific action of DDT in insects.

8. To explain the specific manner of the permeation of DDT through the insect cuticle, it is supposed that DDT is dissolved in the lipoids of the epicuticle and thereby bound to the insect body, as it permeates the remaining layers of the integument and is stored in the chitin-protein-complex.

9. In many species of insects lipoids occur even in the inner layers of the cuticle.

10. The epicuticle has a very heterogeneous structure in various species and stages.

11. In contrast to other types of insect cuticles fly larvae skins are containing more aethersoluble than azetonsoluble lipoids.

12. Dried cuticles of fly larves are very hygroscopic.

V. Schriftennachweis[1])

Böhm, O. (1951): Zur Kenntnis des Roten Weidenblattkäfers, Melasoma saliceti Wse. (Col., Chrys.). Pflanzenschutzber. **4**, 77.

Bredenkamp, J. (1941): Zur Kenntnis der Wirkungsweise der Kontaktgifte mit besonderer Berücksichtigung der Permeabilität der Insektenkutikula. Z. angew. Ent. **28**, 519.

* Busvine, J. R. & Barnes, S. (1947): Observations on mortality among insects exposed to dry insecticidal films. Bull. ent. Res. **38**, 81. Ref.: Rev. appl. Ent., A,[2]) **35**, 1947, 292.

Cain, A. J. (1950): The histochimistry of lipoids in animals. Biol. Rev. (Cambr.) **25**, 73.

* Campbell, G. A. & West, T. F. (1944): DDT, the new insecticide. A general survey and some possible paint applications. J. Oil. Col. Chem. Ass. **27**, 241. Ref.: R. A. E., A, **33**, 1945, 137.

---

[1]) Die durch ein * gekennzeichneten Arbeiten waren mir nur im Referat zugänglich.

[2]) In den weiteren Zitaten als „R. A. E., A" bezeichnet.

Claudsley-Thompsen. J. L. (1950): Epicuticle of arthropods. Nature **165**, 692.

David, W. A. L. & Gardiner, B. O. C. (1950): Factors influencing the action of dust insecticides. Bull. ent. Res. **41**, 1.

Dennell, R. (1946): A study of an insect cuticle: The larval cuticle of Sarcophaga falculata Pand. (Diptera). Proc. Roy. Soc. Ser. B. **133**, 348.

Dennell, R. (1947): A study of an insect cuticle: The formation of the puparium of Sarcophaga falculata Pand. (Diptera). Proc. Roy. Soc. Ser. B. **134**, 79.

Domenjoz, R. (1944): Experimentelle Erfahrungen mit einem neuen Insektizid, ein Beitrag zur Theorie der Kontaktgiftwirkung. Schweiz. med. Wochenschr. **74**, 952.

Dresden, D. (1949): Physological investigations into the action of DDT. Arnheim. G. W. van der Wiel & Co.

Dresden, D. & Krijgsman, B. J. (1948): Experiments on the physiological action of contact insecticides. Bull. ent. Res. **38**, 575.

Eckart, A. (1949): Die Nervenbahn als Trägerin der DDT-Vergiftung. Arch. expt. Path. Pharm. **207**, 334.

Eder, R. (1924): Die kutikuläre Transpiration der Insekten und ihre Abhängigkeit vom Aufbau des Integumentes. Zool. Jb. Allgem. Zool. Phys. **60**, 203.

Emmel, L. (1950): Beiträge zur praktischen Anwendung und zur Wirkungsweise des DDT. Anz. Schädlingskde. **23**, 182.

* Ferguson, W. C. & Kearns, C. W. (1949): The metabolism of DDT in the Large Milkweed Bug. J. econ. Ent. **42**, 810. Ref.: R. A. E., A, **38**, 1950, 330.

* Fraenkel, G. & Herford, G. V. B. (1938): The respiration of insects through the skin. J. expt. Biol. **15**, 266. Ref.: Zool. Ber. **46**, 1938/39, 398.

Glauco, R. (1951): Effetti delle ligature sulla contrattura da DDT in larve di Bombyx mori L. Boll. Zool. Agrar. Bachicolt. **17**, fasc. I.

Gorbach, G. (1940): Über einen verbesserten Mikroextraktor zur Fettbestimmung in Nahrungsmitteln. Vorratspflege und Lebensmittelforschung, **14**, Heft 5/6.

Hackman, R. H., Pryor, M. G. M. & Todd, A. R. (1948): The occurence of phenolic substances in arthropods. Biochem. J. **43**, 474.

Harrison, M. C. (1950): DDT-resistent house-flies. Ann. appl. Biol. **37**, 306.

* Hartzell, A. (1945): Histological effects of certain sprays and activators on the nerves and muscles of the housefly. Contr. Boyce Thompson Inst. **13**, 443. Ref.: R. A. E., B, **34**, 1946, 61.

Hayes, W. P. & Liu Yu-Su (1947): Tarsal chemoreceptors of the Housefly and their possible relation to DDT toxicity. Ann. ent. Soc. Amer. **40**, 401.

Heubner, W. (1949): Über Wanderung des DDT im Insektennerven. Sitz. Ber. Deutsch. Akad. Wissensch. Math.-naturw. Kl. Berlin. Akademie-Verlag.

Hoskins, W. M. (1940): Recent contributions of insect physiology to insect toxicology and control. Hilgardia **13**, 307.

Hurst, H. (1941): Insect cuticle as an asymmetrical membrane. Nature **147**, 388.

Hurst, H. (1945): Biophysical factors in drug action. Brit. Med. Bull. **3**, 132.

Hurst, H. (1949): Reversible action of DDT. Nature **163**, 286.

Hurst, H. (1950): An electron diffraction study of the crystalline structure of the lipids in the pupal exuviae of Calliphora erythrocephala. J. expt. Biol. **27**, 238.

Kirschner, R. (1932): Beurteilung der Giftwirkung gasförmiger Insektizide auf Grund der Schlagfrequenz des Dorsalgefäßes. Z. angew. Ent. **19**, 544.

Klinger, H. (1936): Die insektizide Wirkung von Pyrethrum- und Derrisgiften und ihre Abhängigkeit vom Insektenkörper. Arb. physiol. angew. Ent. Berlin-Dahlem **3**, 49 und 115.

Kramer, S. & Wigglesworth, V. B. (1950): The outer layers of the cuticle in the Cockroach Periplaneta americana and the function of the oenocytes. Q. J. Micros. Sci. **91**, 63.

Kunike, G. (1933): Zur Biologie des Mehlkäfers Tenebrio molitor. Mitt. Ges. Vorratsschutz **9**, 26.

Kühnelt, W. (1949): Über Vorkommen und Verteilung reduzierender Stoffe im Integument der Insekten. Öst. Zool. Z. **2**, 223.

Lafon, M. (1941): Le puparium des Muscides; principaux constituants et évolution de la composition chimique. C. R. Acad. Sci. Paris **212**, 456.

Lafon, M. (1943): Recherches biochimiques et physiologiques sur le squelette tegumentaire des Arthropodes. Ann. Sc. Nat. Zool. **5**, 113.

Läuger, P., Martin, H. & Müller, P. (1944): Über Konstitution und toxische Wirkung von natürlichen und neuen synthetischen insektentötenden Stoffen. Helv. Chim. Acta **27**, 892.

Lees, A. D. (1947): Transpiration and the structure of the epicuticle in ticks. J. expt. Biol. **23**, 379.

Lord, K. A. (1948): The sorption of DDT and its analogues by chitin. Biochem. J. **43**, 72.

* Ludwig, D. (1948): Relation between lipid content of cuticle, duration of diapause, and resistance to desiccation of pupae of the Cynthia Moth. Physiol. Zool. **21**, 252. Ref.: Biol. Abstr. **23**, 1949, 2401.

March, R. B. & Lewallen, L. L. (1950): A comparison of DDT-resistant and non-resistant House flies. J. econ. Ent. **43**, 721.

Marquart, F. (1940): Beiträge zur Anatomie der Muskulatur und der peripheren Nerven von Carausius (Dixippus) morosus Br. Zool. Jb. Anat. Ontog. **66**, 63.

Martin, H. & Wain, R. L. (1944): Insecticidal action of DDT. Nature **154**, 512.

* O'Kane, W. C., Glover, L. C., Blickle, R. L. & Parker, B. M. (1940): Penetration of certain liquids through the pronotum of the American Roach. Studies of contact-insecticides XIV. Techn. Bull. N. H. agric. Exp. Sta. **74**. Ref.: R. A. E., A, **30**, 1942, 47.

Pal, R. (1950): The wetting of insect cuticle. Bull. ent. Res. **41**, 121.

Pimentel, D. & Dewey, J. E. (1950): Laboratory tests with House flies and House fly larvae resistant to DDT. J. econ. Ent. **43**, 105.

Richards, A. G. & Anderson, T. F. (1942): Electron microscope Studies of insect cuticle with a discussion of the application of electron optics to this problem. J. Morph. **71**, 135.

Richards, A. G. & Cutkomp, L. K. (1945): Correlation between the possession of a chitinous cuticle and sensitivity to DDT. Biol. Bull. **89**, 97.

* Richards, A. G. & Hsing Yun Fan (1949): Studies on arthropod cuticle. V. The variation in permeability of larval cuticles of the blowfly, Phormia regina. J. cell. Comp. Physiol. **33**, 117. Ref.: Biol. Abstr. **24**, 1950, 5291.

Richards, A. G. & Korda, F. H. (1948): Studies on arthropod cuticle. II. Electron microscope studies of extracted cuticle. Biol. Bull. **94**, 212.

Riemschneider, R. (1950): Zur Kenntnis der Kontakt-Insektizide II. Kontakt-Insektizide auf Halogenkohlenwasserstoffbasis II. Die Pharmazie, 9. Beiheft/1. Ergänzungsband.

Roeder, K. D. & Weiant, E. A. (1946): The site of action of DDT in the Cockroach. Science **103**, 304.

Romeis, B. (1943): Taschenbuch der mikroskopischen Technik. München und Berlin. Vlg. R. Oldenbourg.

Schaerffenberg, B. (1949): Über die Eintrittsstellen der Kontaktgifte und die Ursachen der DDT-Resistenz der Maikäferlarve. Z. Pfl. Krkht. u. Pfl. Sch. **56**, Heft 1/2.

Schmidt, G. (1948): Zur Kenntnis der Wirkungsweise inerter Trägerstoffe auf Insekten. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) **2**, 130.

Schulze, P. (1922): Über Beziehungen zwischen pflanzlichen und tierischen Skelettsubstanzen und über Chitinreaktionen. Biol. Zbl. **42**, 388.

* Skvortzov, A. A. (1946): On the permeability of insect integuments for contact insecticides (in Russian). Advances mod. Biol. **21**, 249. Ref.: R. A. E., A, **37**, 1949, 43.

Stachelin, M. (1928): Die Pyrethrumseifenlösung als Insektizid. Anz. Schädlingskde. **4**, 127.

Stellwaag, F. & Staudenmayer, T. (1940): Wie wirkt Dinitro-ortho-kresol auf Insekten? Anz. Schädlingskde. **16**, 37.

Sternburg, J. & Kearns, C. W. (1950): Degradation of DDT by resistant and susceptible strains of House flies. Ann. Ent. Soc. Amer. **43**, 444.

Sternburg, J., Kearns, C. W. & Bruce, W. N. (1950): Absorption and metabolism of DDT by resistant and susceptible House flies. J. econ. Ent. **43**, 214.

Stringer, A. (1948): Relation between bioassay systems and the values found for toxicity of DDT. Ann. appl. Biol. **35**, 527.

Tonner, F. (1936): Das Hautnervensystem der Arthropoden. Zool. Anz. **113**, 125.

Umbach, W. (1934): Untersuchungen über die Wirkungsweise der Kontaktgifte. Mitt. Forstwirtsch. Forstwissensch. **5**, 216.

Weber, H. (1949): Grundriß der Insektenkunde. 2. Aufl. Jena. Vlg. G. Fischer.

West, T. F. & Campbell, G. A. (1950): DDT and newer persistent insecticides. 2. Aufl. London. Chapman & Hall Ltd.

Wiesmann, R. (1946): Untersuchungen über die Eintrittspforten des Dichlordiphenyltrichloräthan (DDT) in den Insektenkörper. Verh. schweiz. naturf. Ges. **126**, 166.

* Wiesmann, R. (1947 a): Die DDT-Präparate als Schädlingsbekämpfungsmittel. Mitt. Geb. Lebensmittelunters. Hyg. **38**, Heft 2/3. Ref.: C. A. 1948, 316.

* Wiesmann, R. (1947 b): Untersuchungen über das physiologische Verhalten von Musca domestica L. verschiedener Provenienzen. Mitt. schweiz. Ent. Ges. **20**, 484. Ref.: Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **2**, 1950, 143.

Wiesmann, R. (1949): Die Eintrittspforten des p, p'-Dichlordiphenyltrichloräthan am Insektenkörper. Mitt. schweiz. Ent. Ges. **22**, 257.

Wigglesworth, V. B. (1945): Transpiration through the cuticle of insects. J. expt. Biol. **21**, 97.

Wigglesworth, V. B. (1947 a): The site of action of inert dusts on certain beetles infesting stored products. Proc. Roy. Ent. Soc. London, Ser. A, **22**, pt. 7—9.

Wigglesworth, V. B. (1947 b): The epicuticle in an insect, Rhodnius prolixus (Hemiptera). Proc. Roy. Soc., Ser. B. **134**, 165.

Wigglesworth, V. B. (1948 a): The structure and deposition of the cuticle in the adult Mealworm, Tenebrio molitor L. (Coleptera). Q. J. Microsc. Sci. **89**, pt. 2.

Wigglesworth, V. B. (1948 b): The insect cuticle. Biol. Rev. **23**, 408.

Referate:

Bercks (R.): **Über die X-Virus-Verseuchung des Nachbaues von primär-infizierten Kartoffelpflanzen.** Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **2**, 1950, 10, 147—149.

Verfasser prüft das Ausmaß von Knolleninfektionen auf Grund von künstlichen Infektionsversuchen am Laub von Kartoffelpflanzen. Die in mehreren Infektionsterminen durchgeführte Verseuchung von Freiland-Mutterpflanzen mit Impfstoff aus verschiedenen X-Virus-Herkünften ergab im Nachbau einen Verseuchungsgrad der Knollen, der in engem Zusammenhang mit dem Zeitpunkt der Infektion der Mutterpflanzen steht. Die Bonitierung erfolgte auf serologischem Wege und zeigte bei den verwendeten X-Viren, daß wohl Frühinfektionen der Mutterpflanzen zu einem erheblich größeren Prozentsatz (bis 100%) erkrankter Knollen führen, hingegen eine Frühinfektion keinesfalls eine Erkrankung jeder Knolle zur Folge haben muß. Ähnlich wie bei vorhergehenden Laubprüfungen scheinen hierbei sortenbedingte Resistenzunterschiede, aber auch die unterschiedliche Virulenz der Impfstoffe bestimmend zu sein. Die für X-Virusinfektionen bekannte Altersresistenz des Kartoffellaubes wurde in diesen Versuchen neuerlich bestätigt. J. Henner

Burgess (E. D): **Development of Gypsy Moth Sex — Attractant Traps. (Die Entwicklung von Fangapparaten für Schwammspinner auf der Basis der geschlechtlichen Anlockung.)** J. econ. Ent. **43**, 1950, 325—328.

Besonders in nur schwach durch Lymantria dispar befallenen Arealen ist der Nachweis der Falter durch visuelle Beobachtungsmethoden mühsam, zeitraubend und oft unsicher. Auf Grund der Entdeckung von Forbush und Fernald (1886), daß männliche Tiere durch unbefruchtete Weibchen über weite Entfernungen angelockt werden, wurde die sogenannte Shaw-Falle konstruiert, ein zwischen kreuzweise gestellten, beleimten Brettern eingebauter kleiner Käfig zur Aufnahme der weiblichen Locktiere, der an Bäumen aufgehängt wurde. Die Hoffnung, solche Apparate durch Massenanlockung von Männchen zur direkten Bekämpfung einsetzen zu können, hat sich allerdings nicht erfüllt. Durch die Untersuchungen von Collins und Potts (1932) wurde bekannt, daß Benzolextrakte aus den letzten beiden Abdominalsegmenten unbefruchteter weiblicher Tiere ebenfalls Männchen anlocken. Mittels Sexualduftstoff getränkte Wattebauschen wurden zusammen mit beleimten Papieren an den Fangbäumen angebracht. Damit war die Gefahr einer Einschleppung des Schädlings bei eventuellem Entkommen der Locktiere gebannt. 1936 entwickelte Potts auf dieser Basis eine Falle, die im wesentlichen aus einer zylindrischen, mit beleimtem Papier ausgelegten Trommel bestand, in die das Ködermaterial eingebracht wurde. Die Männchen gelangten durch eine seitliche Öffnung in die Falle. Eine besondere Verschlußeinrichtung verhinderte ihr Wiederentweichen. Versuche zur synthetischen Darstellung des Sexualduftstoffes schlugen fehl. Dagegen entdeckten Haller et al. (1944) die Möglichkeit einer Aktivierung des Köderstoffes durch katalytische Hydrierung. 1947 wurde durch das Bureau of Entomology and Plant Quarantine eine Modifikation der Pott'schen Falle, die sogenannte Graham-Falle, entwickelt, die derzeit für die Flugkontrolle des Goldafters viel verwendet wird. Sie besteht aus einem Metallzylinder, zirka 10×18 cm groß, an dessen Ende nach innen konisch sich verengende Gitter mit einem Loch in der Mitte angebracht sind. Im Inneren befindet sich, an einem Draht befestigt, der

Köder. Die mit Leimpapier ausgelegte Falle wird an einem Ast aufgehängt. Als Träger für den Sexualduftstoff hat sich gerolltes, gerieftes Papier (etwa 2,5×7,5 cm) besser bewährt als imprägnierte Baumwolle, da letztere nur einen Teil des Duftstoffes wieder abgibt. Zur Anlockung einer maximalen Menge Männchen ist der Extrakt von 15 Hinterleibsenden pro Falle nötig. Außer den Farben Rot und Weiß, die schlechtere Ergebnisse zeitigten, ist die Färbung der Falle ohne Belang. Je älter die Weibchen bei der Ködergewinnung waren, desto wirksamer erwies sich der Extrakt ohne Rücksicht auf eventuelle Hydrierung. Dabei ist es allerdings wegen des Ansteigens der natürlichen Sterblichkeit ungünstig, die Tiere älter als 24 Stunden werden zu lassen. Hinterleibsenden von toten Tieren sind unwirksam. Biologisch interessant erscheint die Tatsache, daß dieser spezifische Sexualstoff auch auf amerikanische Männchen wirkt, wenn er von in Französisch-Marokko gesammelten Weibchen stammt. (Die Einschleppung von Lymantria dispar nach Amerika erfolgte 1869.) Die Säuberung des Leimes hat mindestens in zehntägigen Intervallen zu erfolgen. Unter zahlreichen erprobten Fallen hat sich die oben beschriebene Form am besten bewährt. Größere Dimensionen dürften die praktische Anwendung des Gerätes erschweren. Die Versuche zur synthetischen Darstellung des Sexualduftstoffes werden fortgesetzt. O. Böhm

Müller (F. P.): **Über Schadauftreten und Biologie von Colaphelius sophiae Schall. (Chrysomel.)** Zeitschr. f. angew. Entomol. **4**, 1950, 591—608.

In den Jahren 1946 und 1947 kam es in Berlin zu einem Massenauftreten von Colaphellus sophiae Schall. an jungen Kohl- und Radieschenpflanzen mit stellenweisem Totalschaden. Die Käfer erschienen vorwiegend in der ersten Maihälfte in Kleingärten, die auf sandigem, mit Bauschutt durchsetztem und stark verunkrautetem Brachland errichtet worden waren. Schaden wurde nur von den sehr ortssteten, im Fluge nie beobachteten Käfern während der ersten Maihälfte verursacht. Später gingen diese meist auf wildwachsende Kreuzblütler über, auf welchen auch die Larven fast ausschließlich gefunden wurden. Beide Entwicklungsstadien nährten sich von Blättern und Blütenstauden. Bei feuchter Witterung und über Nacht verbargen sich die meisten Imagines am Erdboden, wo sie sich eventuell flach einwühlten. Die letzten Käfer wurden 1946 am 27. Juli, 1947 vor dem 9. Juli gefunden, Larven wurden bei einer am 8. August durchgeführten Kontrolle nicht mehr festgestellt. Die Gattung Colaphellus umfaßt neun Arten (darunter vier Cruziferenschädlinge), deren Hauptverbreitungsgebiet Osteuropa und Kleinasien ist. Unter Laborbedingungen verließen die in Erde überwinterten, 4·5 bis 6·5 mm langen Käfer ihr Winterquartier zwischen 19. April und 12. Juni, hauptsächlich ab 25. Mai, und nährten sich von Blättern verschiedener wildwachsender und kultivierter Cruziferen. Im Freiland gefangene Tiere lebten in Gefangenschaft 14 bis 19 Tage, die Lebensdauer beider Geschlechter war ungefähr gleich. Auffallend waren die häufigen Kopulationen. Die Eier wurden ausnahmsweise einzeln, gewöhnlich jedoch in regellosen Häufchen auf oder in den Boden abgelegt; die maximale Eizahl pro Weibchen betrug 344. Das Eistadium währte etwa 7 Tage, das Larvenstadium (4 Häutungen) 23 bis 27 Tage; 12 bis 13 Tage vor der Verpuppung gingen die Larven in den Boden. Die beim Auskriechen ungefähr 1·5 mm langen Junglarven ernährten sich durch Schabefraß an den Blattunterseiten, die älteren Larven durch Blattrand- und Loch-, bzw. Blütenfraß. Die Verpuppung erfolgte in rund 10 cm Tiefe in einer kleinen, ovalen Erdhöhle; nach 16- bis

17tägiger Puppenruhe schlüpften die Käfer, die aber erst im folgenden Jahr den Boden verlassen dürften. Als wesentliche Voraussetzung für eine Übervermehrung gelten die geringe Wanderlust der Käfer und das Vorhandensein zahlreicher Futterpflanzen (im vorliegenden Fall hauptsächlich zwei Sisymbrium-Arten). Aus Larven von C. sophiae wurden die Tachine Meigenia bisignata (Meigen) sensu Wainwright sowie die Ichneumoniden Eripterus tarsalis Szépl. und Mesochorella nigriceps (Brischke) Szépl. gezogen; letztere ist möglicherweise ein Hyperparasit. Die Bekämpfung erfolgte hauptsächlich durch Absammeln der Käfer; vereinzelt wurde Stäube-Gesarol mit gutem Erfolg angewandt. Bekämpfungsmethoden anderer Autoren werden erwähnt.

O. Schreier

Brauns (A.): **Zur Kenntnis der Schadinsekten an Champignonkulturen.** Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **2**, 1950. 155 bis 156.

Unter den Speisepilzschädlingen sind besonders Zweiflügler (Dipteren) bedeutungsvoll. In den Champignonkulturen tritt in Deutschland vorwiegend eine Trauermücke (Sciaride) als Schädling auf, Neosciara solani Winn. Abgesehen von dem unmittelbaren Befall des Fruchtfleisches durch die Larven, übertragen die Mücken die Sporen der Weichfäule (Gipskrankheit) und sollen schließlich auch an der Verbreitung der Milben beteiligt sein. Frühzeitige Bekämpfungsmaßnahmen sind erforderlich. In westeuropäischen Ländern werden andere Arten dieser Familie in gleicher Weise schädlich. Verf. hat nun 1941 in Deutschland einen weiteren Champignonfeind, eine brachycere Diptere, gefunden: Megaselia nigra Meigen (Fam. Phoridae). Die larvalen Fraßschäden in den Pilzen waren jenen der Trauermücke ähnlich und standen ihnen auch an Ausmaß nicht nach, so daß Bekämpfungsmaßnahmen eingeleitet werden mußten. Dabei haben sich die gegen Neosciara üblichen Methoden bewährt. Morphologie und Biologie von Megaselia werden beschrieben. Weiters gelang es dem Autor, einen natürlichen Feind dieser Champignon-Buckelfliege festzustellen: die Braconide Synaldis concolor Nees. Da Synaldis als Wirt auch die kleine Stubenfliege (Fannia canicularis L.) besitzt, wäre vielleicht die Möglichkeit einer biologischen Bekämpfung — Einbringen der Schmarotzer v o r Ausbruch einer Kalamität! — durch Vermehrung des Parasiten in leicht züchtbaren Insektenlarven gegeben. Verf. zollt diesen biologischen Zusammenhängen besondere Aufmerksamkeit, er bezeichnet mit Scheerpeltz und Höfler den Pilzkörper als „Kleinbiotop im ökologischen Sinne" und bedauert nur die großen Lücken in unseren Kenntnissen um diese Dinge.

O. Böhm

Hagedorn (D. J.) und Walker (J. C.): **The relation of bean virus 2 to pea mosaic in Wisconsin. (Die Zusammenhänge des Bohnenvirus 2 mit dem Erbsenmosaik in Wisconsin.)** Phytopathology **40**, 1950. 684—698.

Von vier Stämmen des Bohnenvirus 2 werden Krankheitssymptome an mehreren Kulturpflanzen beschrieben und hierbei gezeigt, daß das in Wisconsin auftretende Erbsenmosaik in erster Linie durch das Bohnenvirus 2 verursacht wird. Mosaikfleckung der Erbsenblätter, gelegentlich auch leichtes Aufhellen der Blattadern waren die charakteristischen Merkmale dieser Virusinfektionen, die sowohl mittels der Einreibemethode als auch durch Insektenübertragung mit Illinoia pisi (Kalt.) im Glashaus und im Freiland zu erzielen waren. Das infizierte Pflanzenmaterial im Gewächshaus zeigte keine auffallenden Wachstumshemmungen, hingegen waren Freilandpflanzen merklich schwerer geschädigt.

Die an zahlreichen Leguminosen durchgeführten Infektionsversuche mit den vier Stämmen des aus mosaikkranken Erbsenpflanzen stammenden Bohnenvirus 2 ergab in überwiegender Zahl positive Reaktionen mit gleichen Krankheitsbildern, lediglich Trifolium repens L., Medicago sativa L. und Vigna sinensis Endl. erwiesen sich gegen dieses Virus als nicht anfällig. Der Stamm 1 des Bohnenvirus 2 wies bei 16° C eine bedeutend längere Inkubationszeit als bei 20°, 24° und 28° C auf und zeigte sich verhältnismäßig empfindlich gegen Außentemperaturen, bei 60° bis 64° C trat bereits Inaktivierung ein. Auch die Lebensdauer zeigte sich mit 24 bis 48 Stunden als begrenzt, hingegen erwiesen sich Verdünnungen bis zu 1 : 100.000 noch als voll infektiös. J. Henner

Schmidt (H. W.): **Über ein Massenauftreten der Stachelbeerblattwespe in Nordbayern.** Anz. f. Schädlingskunde **23**, 1950, 166—167.

Im Jahre 1949 verursachte die Stachelbeerblattwespe in der Gegend von Erlangen und Nürnberg in Stachelbeer- und Johannisbeerkulturen schwere Schäden. Zur Bekämpfung wurden nikotinhältige Sommerspritzmittel eingesetzt. Infolge des starken Befalles war jedoch zu befürchten, daß nicht alle Larven erfaßt worden waren und diese auf benachbarte noch unbeschädigte Beerenkulturen überkriechen würden. Um gleichsam eine Schutzspritzung vorzunehmen, behandelte man einen Streifen von 2 Meter Breite mit Kontaktgiften. DDT-Stäubemittel der Pekawerke und Chlor-Benzol Homologe CBHo der Schachtwerke sind für diesen Zweck verwendet worden. Es war ein überraschend guter Erfolg zu verzeichnen, der Larvenfraß wurde sofort abgestoppt und es waren keine fressenden Larven mehr zu beobachten. An den benachbarten Beerenkulturen traten daher keine Fraßschäden ein. H. Böhm

Broadbent (L.), Chaudhuri (R. P.) and Kapica (L.): **The spread of Virus diseases to single potato plants by winged Aphids. (Die Übertragung von Viruskrankheiten auf isolierte Kartoffelstauden durch geflügelte Blattläuse.)** Ann. appl. Biol. **3**, 1950, 355—362.

Um genaueren Aufschluß darüber zu erhalten, in welcher Jahreszeit geflügelte Blattläuse Virosen übertragen, wurden junge, gesunde Kartoffelstauden einzeln in Gartengeschirren in der Nähe viruskranker Kartoffeln im Freien aufgestellt. Nach zwei oder drei Wochen wurden die Versuchspflanzen beräuchert, im Gewächshaus bis zur Reife gezogen und im folgenden Jahr einer Virusprüfung (Blattroll- und Y-Virus) unterworfen. Die in den Jahren 1944 bis 1946 durchgeführten Untersuchungen ergaben folgendes: Im Hochsommer, und zwar nur in warmtrockenen, windstillen Zeiträumen, kam es zu einem Massenflug von Blattläusen (Myzus persicae, Macrosiphum euphorbiae, Aulacorthum solani). Ungeflügelte Läuse entstanden überwiegend in den von den Geflügelten gegründeten Kolonien, nur einige stammten vom nahen Kartoffelbestand oder stark befallenen kreuzblütigen Unkräutern. Die ungeflügelten Läuse waren sehr ortsstet. Auf dem Kartoffelfeld erfolgten 30 bis 40% der Virusinfektionen, bevor sich die Masse der Ungeflügelten und Sommergeflügelten entwickelt hatte, daher wahrscheinlich durch die Frühlings-Migrantes; während der gleichen Zeit wurden jedoch nur 2 bis 4% der Topfpflanzen infiziert, woraus geschlossen wird, daß die Migrantes, sobald sie ihre Wirtspflanzen gefunden haben, flugunlustig werden und daher nur mehr einen kleinen Aktionsradius besitzen. Die Annahme, daß auch für die hochsommerliche Virusausbreitung Geflügelte verantwortlich waren, wird durch die weitgehende zahlenmäßige Übereinstimmung des Auftretens geflügelter Blattläuse (Fallenfang) mit dem Ausmaß der Virusverseuchung erhärtet. Es werden Erklärungs-

möglichkeiten für die Beobachtung diskutiert, daß die Versuchspflanzen mehr Y-Virus- und weniger Blattrollinfektionen, der benachbarte Kartoffelbestand hingegen weniger Blattroll- und mehr Y-Virus-Infektionen aufwiesen. O. Schreier

Stapp (C.) und Bartels (R.): **Der serologische Nachweis des X-Virus in Dunkelkeimen der Kartoffelknolle.** Züchter, **20,** 1/2, 1950, 42—47.

Von der bekannten Erscheinung ausgehend, daß der Virusgehalt einer mit X-Virus infizierten Knolle in der Ruheperiode gering ist und erst bei beginnender Keimung ansteigt, wurden die Untersuchungen an Dunkelkeimen (Größe etwa 3 cm) durchgeführt und zu klären versucht, welche Faktoren bei der Anwendung der Dunkelkeimmethode eine sichere Erkennung möglichst aller X-kranken Knollen gestatten. Als Versuchsmaterial dienten teils latent infizierte Sorten (Erstling, Krebsfeste Kaiserkrone und Jubel), teils X-viruskranke Knollen der Sorten Flava, Sabina und Priska. Die Prüfung erfolgte mit der serologischen Blättchenmethode, bei gelegentlich auftretenden unspezifischen Reaktionen wurde der Preßsaft über Nacht bei 3 bis 4° C gelagert oder mit noch besserem Erfolg in einem Wasserbad 10 Minuten lang auf 38° C erhitzt, dann nochmals zentrifugiert und schließlich einer neuerlichen Prüfung mit zwei verschiedenen, hochtitrigen X-Antiseren unterzogen.

In den Untersuchungen zeigte sich der Dunkelkeimtest — durchgeführt an X-Virus kranken Kartoffelknollen der sechs verwendeten Sorten — sehr abhängig vom Zeitpunkt des Auslegens der Knollen zur Keimung. Die erste Untersuchung des im September, bzw. Oktober zur Keimung angelegten Materials ergab auffallend niedrigere Befallszahlen zum Unterschied gegen die nächste Keimuntersuchung der gleichen Knollen im Dezember und Jänner. Es werden deshalb als günstigster Termin für das Auslegen im Dunkeln die Monate Dezember oder Jänner empfohlen, wobei noch durch den späteren Zeitpunkt die Keimgeschwindigkeit gesteigert wird und sich die Versuchszeit dadurch verkürzt. Auch bei einer zu geringen Größe (unter 3 cm) keimten die Knollen langsam und hemmten den Ablauf des serologischen Dunkelkeimtestes. Ein weiterer wichtiger Faktor bei dieser Methode ist die Keimungstemperatur; mit 21° C wurden die besten Erfolge erzielt, diese Temperatur stellt aber auch zugleich das Optimum dar.

Im allgemeinen als gering erwiesen sich — bei den untersuchten X-Virus verseuchten Sorten — die Unterschiede im Virusgehalt zwischen Kronen- und Nabelkeimen, da aber vereinzelt serologische positive Nabelkeime und negativ reagierende Kronenkeime beobachtet werden konnten, empfehlen die Verfasser, den Preßsaft aller Keime zur gesicherten Prüfung heranzuziehen. Ebenso scheint es notwendig, bei besonders langen Keimen (über 10 cm) nur den basalen Teil derselben zu untersuchen, da nur diese Teile im allgemeinen serologisch erfaßbare Virusmengen aufweisen. J. Henner

Thomas (Rex H.) und Zaumeyer (W. J.): **Red node, a virus disease of beans. („Red node", eine Viruskrankheit der Bohnen.)** Phytopathology **40,** 9, 1950, 832—846.

Die ersten wahrnehmbaren Symptome der seit 1943 als „Red node"-Virus bezeichneten Erkrankung auf Bohnen in Feldkulturen sind rötlich gefärbte Knoten auf dem Stengel und Anschwellungen auf Blättern zusammen mit rötlich gefärbten, ringförmigen Flecken auf den Hülsen; auch eine Rotfärbung der Blattadern tritt auf. Die gleiche Erscheinung wurde erstmalig von Zaumeyer 1938 beschrieben und damals noch als eine physiologische Erkrankung aufgefaßt.

Verf. berichten über ausführliche Untersuchungen mit dem Red node-Virus, die im Treibhaus bei Temperaturen von 21° bis 27° C an ganz jungen Bohnenpflanzen und anderen Kulturpflanzen durchgeführt wurden. Das geprüfte, zahlreiche Pflanzenmaterial gehörte verschiedenen Gattungen und Familien an, bei denen innerhalb der gleichen Familie sowohl anfällige, als auch immune Arten festgestellt wurden. Infektionen konnten leicht auf mechanischem Wege herbeigeführt werden. Insektenübertragung wurde nicht festgestellt, die Erkrankung scheint auch nicht durch Samen übertragbar zu sein. Der Preßsaft kann zur Erzielung einer Infektion 500- bis 1000fach verdünnt werden. Das Red node-Virus im Preßsaft wird bereits nach 20 Minuten inaktiviert, bei einer Temperatur von 10° C erwies es sich in vitro noch innerhalb von 24 bis 48 Stunden als schwach infektiös. Die Abtötungstemperatur liegt zwischen 56° bis 58° C. Im vertrockneten Blattgewebe zeigte sich das untersuchte Virus bei Temperaturen von 20° bis 25° noch nach 30 Tagen als voll wirksam, nach 90tägiger Eintrocknung trat Inaktivierung ein.

Ein Vergleich des Red node-Virus mit dem Streak-Virus des Tabaks ergab sowohl dem Krankheitsbilde als auch dem physikalischen Verhalten nach gewisse Ähnlichkeiten, zeigte aber in anderen Punkten auffallende Differenzierungen; daher darf mit Recht angenommen werden, daß wir es beim Red node-Virus und dem Streak-Virus des Tabaks wohl mit ähnlichen, aber nicht identischen Viren zu tun haben.

J. Henner

Atkins (F. C.): **Mushroom Growing To-day. (Die heutige Champignonkultur.)** Faber and Faber Lit., London, 1940.

Das Buch stellt eine erschöpfende Zusammenfassung alles Wissenswerten über die Champignonkultur dar. Den Krankheiten und Schädlingen dieser wertvollen Kulturen ist ein eigenes ausführliches Kapitel gewidmet: Der Autor unterscheidet hierbei Pilz- und Bakterienkrankheiten sowie Schäden durch andere höhere Pilze („Unkrautpilze"), die durch Entzug von Nährstoffen u. dgl., bzw. durch Bildung toxischer Substanzen das Wachstum des Champignons stören.

Auf Bakterienbefall ist eine Krankheit zurückzuführen, bei der am Hut gelbe bis schokoladebraune Flecken entstehen. Die Verfärbung reicht 2 bis 3 mm tief. Hohe Feuchtigkeit und ungenügendes Lüften begünstigen die Erkrankung. Daher ist nach dem Bewässern ein möglichst rasches Abtrocknen der Champignons wichtig. Verseuchter Boden ist mit Formalin zu desinfizieren. Dactylium dendroides überzieht die Kulturen mit einem weißen, spinnwebartigen Schimmel, so daß sie faulen. Spritzen mit 2%iger Formalinlösung. Fusarium-Arten verursachen Welken oder Umfallen. Im frühen Entwicklungsstadium werden anscheinend gesunde Champignons plötzlich weich, der untere Teil des Stieles ist trocken und braun verfärbt. Befallene Pilze bleiben klein und gedrungen und vertrocknen, ihre Farbe ist ein charakteristisches Braun. Die Krankheit wird mit der Erde eingeschleppt. Durch Ziehen von Gräben um die befallenen Stellen, die mit Kalk bestreut werden, sind die Krankheitsherde zu isolieren. Viel frische Luft, guter, gesunder Boden und Bodendesinfektion werden empfohlen. Bei ungenügender Lüftung und verkrustetem Boden kann Fusarium auch ein Umfallen der Champignons hervorrufen. Myceliophthora-Arten verursachen die Grünspankrankheit. Dabei entstehen auf dem Kompost Flecken von gelblichgrüner Farbe. Die Schädlinge werden mit dem Kompost oder der Erde eingeschleppt. Ausreichende Erhitzung des Düngers und Erdsterilisation vermeiden die Infektion. Der Erreger der Mumienkrankheit ist bis jetzt noch nicht bekannt, doch vermutet man, daß er ein

Virus ist. Die ersten Symptome sind: Kleine, schiefe Hüte auf langen, dünnen Stielen, welche sich oft leicht krümmen. Später wird das Wachstum eingestellt; die Pilze werden grau oder braun, vertrocknen und mumifizieren schließlich. Durch Steriliseren von Kompost und Erde wird der Krankheit vorgebeugt, eine direkte Bekämpfungsmöglichkeit ist noch nicht bekannt. — Mycogone perniciosa führt zu einer Verunstaltung der Champignons: Dicke, angeschwollene Stiele und kleine Hüte. Ein weißer, filziger Schimmelbelag überzieht die Pilze und bringt sie zum Faulen. Derart erkrankte Champignonbeete sollen mit 2%igem Formalin entseucht und darnach geräumt werden. Die Krankheit wird hauptsächlich mit Erde u. dgl. eingeschleppt. — Bei Befall durch Papulaspora byssina erscheinen an der Erdoberfläche weiße Pilzkolonien, die jedoch bald zimtbraun werden. Bei gutem Kompost besteht keine Ansteckungsgefahr, jedoch wird trotzdem vielfach mit Formalin gespritzt. — Pseudobalsamia microspora bildet runde, crèmefarbene Fruchtkörper. Bei der Reife werden sie rotbraun, schrumpfen und entlassen ihre Sporen. Um diesen Pilz zu unterdrücken, empfiehlt Verfasser eine Temperatur von 15'5° C einzuhalten, was allerdings — besonders im Sommer — schwer durchzuführen ist. Therapeutische Maßnahmen haben nicht viel Sinn. Verfasser empfiehlt vollständiges Räumen des befallenen Hauses. — Scopulariopsis fimicola ähnelt der Populaspora byssina, doch sind die reifen Kolonien von zartem Rosa. Kleine Flächen können mit folgender Lösung behandelt werden: 1 Teil 33%ige Essigsäure auf 7 Teile Wasser. Auch Gießen mit Superphosphatlösung ist empfehlenswert. — Verticillium-Arten verursachen Mißbildung ähnlich wie Mycogone. Bei später Infektion entstehen auf dem Hut unregelmäßige lichtbraune Flecken, deren Zentrum grau wird und zuweilen aufreißt. Bei Verticillium-Auftreten muß der Boden sterilisiert werden. Erkrankte Exemplare mit 2%iger Formalinlösung abtöten und entfernen.

Als wichtigste tierische Schädlinge bezeichnet der Autor: Pilzfliegen, Milben, Springschwänze und Älchen. Die Pilzmücken — hauptsächlich Sciara-Arten — legen ihre Eier in die Beete ab. Sie nähren sich entweder vom Dünger oder vom darin wachsenden Myzel, so daß die Fruchtkörper absterben, oder sie bohren sich in die Stielbasis und wandern bis zum Hut durch. Die Larven haben schwarze Köpfe und werden 6 bis 7 mm lang. Die Larven der gleichfalls schädlichen Düngerfliegen sind zirka 4 mm lang und nicht schwarzköpfig. Sie fressen hauptsächlich Myzel, bohren sich zuweilen aber auch in den Fruchtkörper. — Die Larven der Gallmücken werden nur zirka 2 mm groß, sie sind gelbrosa, orange oder weiß. Sie fressen Myzel, häufiger jedoch durchwandern sie langsam den Stiel bis in die Lamellen. — Die Älchen stechen das Myzel an und nähren sich von dem Inhalt der Hyphen. Sie können aber auch in den Fruchtkörpern leben, die braun und wäßrig werden. — Springschwänze fressen am Myzel und zerstören die Brut; zuweilen fressen sie auch am Stiel und Hut. — Ferner sind zahlreiche Milben-Arten in den Champignonhäusern zu finden. Obwohl viele von ihnen keine direkten Schädlinge sind, sind sie als Überträger von Krankheitskeimen (Sporen u. dgl.) gefährlich. Sie fressen die Brut und das Myzel und nagen Löcher in Hüte und Stiele der Champignons.

An diese Schädlingsbeschreibungen schließt sich noch je ein Kapitel über Fungizide, Insektizide sowie ihre Anwendungsweise.

T. Schmidt

Eigentümer, Verleger und Herausgeber: Bundesanstalt für Pflanzenschutz, verantwortlicher Redakteur: Dr. Ferdinand Beran, beide Wien II., Trunnerstr. 1. — Druck: Genossenschaftsdruckerei Raiffeisen m. b. H., Wien XVIII., Theresiengasse 58.

SHELL

D-D (BODENENTSEUCHUNGSMITTEL zur Bekämpfung von Engerlingen und Drahtwürmern)
AMTL. PFL.-REG. NR. 184

SHELLESTOL (NETZMITTEL, als Zusatz für Sommerspritzmittel) AMTL. PFL.-REG. NR. 143

SHELLESTONE (Wuchsstoffpräparat zur Verhütung von vorzeitigem Fruchtfall)

DYTROL (DNC-WINTERSPRITZMITTEL, GELBÖL)
AMTL. PFL.-REG. NR. 103

SHELL MINERALÖL AKTIENGESELLSCHAFT, WIEN I
SCHUBERTRING 14 TELEPHON R 22-5-60

Oil
20

Gegen Engerlinge und Drahtwürmer

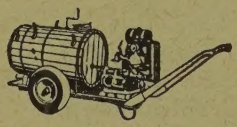
Gegen Kräuselkrankheit
SULFBARIT

Gegen San José - Schildlaus
DOBOL oder
DOBOL - M

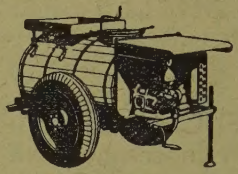
Gegen Haus- und Feldmäuse
MATA GIFTKÖRNER

Asid

ABT. PFLANZENSCHUTZ UND SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNG
WIEN II/27



DK 100
100 l Faßinhalt für Handzug



DK 300
300 l Faßinhalt für Zugtier

Spritzmobil
selbstfahrende Weingartenspritze

Motorspritzen

zur Schädlingsbekämpfung im Obst-, Wein- und Feldbau

KONRAD ROSENBAUER • LINZ

WIEN • GRAZ • KLAGENFURT • BREGENZ

Kauf Schädlingsbekämpfungsmittel bei Deiner Genossenschaft!

Seit über 50 Jahren besorgen die landwirtschaftlichen Ein- und Verkaufsgenossenschaften den gemeinsamen Einkauf landwirtschaftlicher Betriebserfordernisse, darunter auch

Schädlingsbekämpfungsmittel

Mehr als 850 Lagerhäuser, Filialen und Abgabestellen sind in neun Genossenschaftsverbänden in den einzelnen Bundesländern vereinigt, welche sich wieder in der genossenschaftlichen Spitzenzentrale, der

Warenzentrale österreichischer Verbände landwirtschaftlicher Genossenschaften - WÖV r. G. m b. H.

Wien I., Neuer Markt 2

zusammengeschlossen haben.

Eigentümer, Verleger und Herausgeber: Bundesanstalt für Pflanzenschutz, verantwortlicher Redakteur: Dr. Ferdinand Beran, beide Wien II., Trunnerstraße 1. Druck: Genossenschaftsdruckerei Raiffeisen m. b. H., Wien XVIII., Theresiengasse 58